บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการองค์ความรู้สำหรับการออกแบบ ติดตั้ง ใช้งานของเครื่องกังหันพลังน้ำขนาดเล็กมาก ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งขององค์ความรู้พื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กมาก แบบแผนและ การวางแผนโครงงาน การวางผังงาน การสำรวจพื้นที่ การออกแบบและติดตั้งเครื่องกังหันน้ำ เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า การวางสายภายในบ้าน การวางแผนป้องกันฟ้าผ่า การทดสอบ การตรวจสอบการนำเข้าใช้งานและความผิดพลาด การบำรุงรักษา ทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กัน รวมทั้งการสร้างองค์ความรู้ใหม่ สามารถนำไปใช้ได้จริง

2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในปัจจุบัน

2.1.1 โครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศไทย

ปัจจุบันนโยบายการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทยได้มุ่งเน้นการพัฒนาไปยังโครงการขนาดเล็ก โดยเฉพาะโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากในระดับหมู่บ้านซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืน รัฐบาลมีนโยบายดำเนินการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำโดยศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ ดำเนินการไปแล้วและปรับปรุงโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านเพื่อเชื่อมโยงกับระบบสายส่งไฟฟ้าของ กฟภ. รวมทั้งการจัดทำแผนพลังงานน้ำของประเทศช่วงปี 2548-2554 เพื่อวางแนวทางดำเนินการต่อไป

การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศ ปัจจุบัน มีทั้งสิ้น 21 โครงการ เป็นโครงการภาคเหนือ 15 โครงการ ภาคตะวันออก 1 โครงการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2 โครงการ และภาคใต้ 3 โครงการ กำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 35,530 กิโลวัตต์ ซึ่งตามแผนการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมียุทธศาสตร์ประกอบด้วย

(1) การปรับปรุงโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ในภาคเหนือ 8 โครงการ ภาคตะวันออก 1 โครงการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2 โครงการ และภาคใต้ 2 โครงการมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 29,292 กิโลวัตต์ จัดแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ต้องปรับปรุงทุกองค์ประกอบ กลุ่มที่ต้องปรับปรุงด้านเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำและกลุ่มที่ต้องปรับปรุงด้านงานโยธาและอุปกรณ์ควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่ศึกษาความเหมาะสมแล้ว อยู่ในภาคเหนือ 14 โครงการ ภาคกลาง 2 โครงการ และภาคใต้ 4 โครงการกำลังการผลิตติดตั้ง 60,740 กิโลวัตต์

(3) การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่ศึกษาเบื้องต้นเอาไว้ แบ่งเป็นภาคเหนือ 19 โครงการ ภาคกลาง 1 โครงการ ภาคตะวันออก 3 โครงการภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 โครงการ และภาคใต้ 3 โครงการ กำลังผลิตติดตั้ง 45,709 กิโลวัตต์

(4) การพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่เขื่อนกรมชลประทาน ในภาคเหนือ 10 โครงการ ภาคกลาง 12 โครงการ ภาคตะวันออก 11 โครงการภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 18 โครงการ และภาคใต้ 2 โครงการ กำลังผลิตติดตั้ง 156,300 กิโลวัตต์

แนวทางการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก มี 2 แนวทาง ได้แก่ ให้เอกชนเป็นผู้ลงทุนและเช่าสิทธิ์การบริหารจัดการหรือรัฐบาลเป็นผู้ลงทุนให้เอกชนเข้ามาบริหารจัดการ โดยโครงการพัฒนาจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โครงการดำเนินการโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทน ฯ เองและโครงการดำเนินการโดยกรมชลประทาน“แนวทางที่เหมาะสมนั้นควรให้เอกชนเป็นผู้เข้ามาลงทุนและบริหารจัดการไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่มีอยู่เดิมและการพัฒนาโครงการ ขึ้นมาส่วนหน่วยงานของรัฐจะเป็นฝ่ายสนับสนุนและเร่งให้เอกชนที่สนใจเข้ามาลงทุนดำเนินการโครงการที่ออกแบบเอาไว้เรียบร้อยแล้วโดยเร็ว

“การประเมินศักยภาพของพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศ” เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก พบว่าหลายแห่งมีศักยภาพดีในเชิงของการผลิตไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้ในระดับชุมชน โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นการลงทุนนำชุดเครื่องกังหันน้ำเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบสายส่งไฟฟ้าและอาคารไปติดตั้งยังบริเวณที่ระบายน้ำเพื่อให้น้ำไหลผ่านเท่านั้น ไม่ใช่การสร้างเขื่อนขึ้นใหม่ แต่ในเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่าหลายแห่งไม่มีความคุ้มทุนในการสร้าง เนื่องจากกำลังการผลิตน้อยเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นขนาดเล็กมากโอกาสจะมีความไม่คุ้มทุนสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ ขนาดจิ๋วผลิตไฟฟ้าได้น้อยกว่า 0.1 เมกะวัตต์ ขนาดเล็กมาก ผลิตไฟฟ้าได้ 0.1-1 เมกะวัตต์ และขนาดเล็ก 1-30 เมกะวัตต์

2.1.2 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานดำเนินการอยู่นั้นมีขนาดกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 200-6,000 กิโลวัตต์ โดยเริ่มจากการทำโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแม่ฮ่องสอนเมื่อปี พ.ศ. 2514 และมีการเพิ่มโครงการเรื่อยมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 22 โครงการมีกำลังการผลิตรวม 43,318 เมกะวัตต์ ผลิตไฟฟ้าได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เฉลี่ยปีละ 100 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง สามารถทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงได้ประมาณ 24 ล้านลิตรต่อปี โดยในปีงบประมาณ 2550 ผลิตไฟฟ้าได้รวมทั้งสิ้น 128.70 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง สามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 169.90 ล้านบาท

โดยมีองค์ประกอบของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กคือ โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก จะก่อสร้างฝายทดน้ำ หรือเขื่อนขนาดเล็กกั้นลำน้ำ และผันน้ำจากเขื่อนหรือฝายด้วยระบบส่งน้ำไปยังโรงไฟฟ้าแรงน้ำที่ไหลไปตามท่อจะไปหมุนเครื่องกังหันน้ำซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายแบบแยกจ่ายอิสระ (Isolate/Off Grid) หรือแบบขนานจ่าย (Parallel/On Grid) เข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งระหว่าง 200/6,000 กิโลวัตต์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก)

2.1.3 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน เปิดโอกาสสำหรับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของชาวชนลทห่างไกลอย่างรวดเร็ว และยั่งยืนมากกว่าระบบการผลิตไฟฟ้าประเภทอื่น เพราะสามารถดำเนินการวางแผนการก่อสร้างและติดตั้งจนกระทั่งได้ใช้ไฟฟ้าในระยะเวลาอันสั้นหรือไม่เนิ่นนานจนมากเกินไป โดยการใช้พลังน้ำที่มีอยู่แล้วในชุมชนเอง ทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ และสังคมของชุมชนและประชาชนอีกด้วย

นับจากปี 2525 เป็นต้นมาที่ พพ. ได้เข้าไปดำเนินงานวางแผนและก่อสร้างโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านที่บ้านแม่กำปองเป็นแห่งแรก จนถึงปัจจุบันนี้ พพ. ได้ดำเนินการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านไปแล้วเป็นจำนวนมากถึง 42 แหล่ง โดยในแต่ละแห่งมีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 200 กิโลวัตต์ และมีกำลังการผลิตรวมทั้งหมด 1,260 กิโลวัตต์ มีชาวบ้านใช้ไฟฟ้า 4,149 ครัวเรือน และอีก 5 หน่วยงาน ได้แก่ โครงการหลวงห้วยแก้ว อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ อุทยานแห่งชาติแม่มอน (1) และแม่มอน (2) อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง อุทยานแห่งชาติห้วยขมิ้น อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี และร้านค้าองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

สำหรับโครงการที่อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างของ พพ.ในช่วงปี 2550-2551 ประกอบด้วย โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านหัวแม่ลาก๊ะ อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ขนาดกำลังการผลิต 30 กิโลวัตต์โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านทีจอซี อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก ขนาดกำลังการผลิต 60 กิโลวัตต์โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านที่เดินเครื่องผลิตพลังงานไฟฟ้า จำนวน 42 โครงการแสดงดังตารางต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน

ลำดับ	โครงการ	สถานที่ตั้ง		กำลังผลิต (กิโลวัตต์)	ปีที่แล้วเสร็จ	จำนวนครัวเรือนหน่วยงาน
		อำเภอ	จังหวัด			
1	แม่กำปอง (1)	สันกำแพง	เชียงใหม่	20	2526	115
2	แม่ตอนหลวง	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่	35	2527	230
3	ห้วยหม้อ	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่	20	2528	88
4	ปางไฮ	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่	40	2530	192
5	แม่กำปอง (2)	สันกำแพง	เชียงใหม่	20	2531	57
6	น้ำกืน	เวียงป่าเป้า	เชียงราย	25	2531	136
7	บ้านป๊อก	สันกำแพง	เชียงใหม่	20	2531	70
8	แจ้ซ้อน	แจ้ห่ม	ลำปาง	20	2531	102
9	บ้านเจ้าหัวหน้า	เวียงป่าเป้า	เชียงใหม่	25	2532	70
10	ผาผึ้ง	เมือง	ตาก	20	2532	75
11	แม่สรวยน้อย	แม่สรวย	เชียงราย	20	2533	55
12	แม่มอน (1)	เมืองปาน	ลำปาง	60	4 มค.35	อุทยานแห่งชาติ
13	ห้วยขมิ้น	ศรีสวัสดิ์	กาญจนบุรี	30	2535	อุทยานแห่งชาติ
14	ปางฮ้าง	เชียงดาว	เชียงใหม่	25	2535	70
15	แม่กำปอง (3)	สันกำแพง	เชียงใหม่	40	2537	50
16	แม่หลวง	อมก๋อย	เชียงใหม่	35	22 มค.44	135
17	น้ำแม่โขง	อมก๋อย	เชียงใหม่	25	2538	115
18	บ้านพุย	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	15	2537	80
19	ห้วยแม่ซ้าย	เชียงดาว	เชียงใหม่	20	2538	90
20	น้ำแม่หาด	อมก๋อย	เชียงใหม่	25	7 พค. 37	201
21	นาปู่ป๊อม	ปางมะผ้า	แม่ฮ่องสอน	20	2538	67
22	ห้วยชมภู	แม่สรวย	เชียงราย	30	2539	80
23	แม่ตะละ	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	25	2539	77
24	ขุนแม่เมิน	เชียงดาว	เชียงใหม่	15	2539	41
25	แม่แอบ	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	60	2540	95
26	แม่นาฮ่อง	จอมทอง	เชียงใหม่	30	14 สค.40	65
27	แม่มอน (2)	เมืองปาน	ลำปาง	60	30 ตค.42	อุทยานแห่งชาติ
28	แม่โมงกลาง	แม่สรวย	เชียงราย	20	14 พค.45	67
29	หลวงห้วยแก้ว	ดอยสะเก็ด	เชียงใหม่	20	2545	โครงการหลวง
30	บ้านเปิ่งเคลิ่ง	อุ้มผาง	ตาก	50	13 พย.45	380

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1(ต่อ)

ลำดับ	โครงการ	สถานที่ตั้ง		กำลังผลิต (กิโลวัตต์)	ปีที่แล้วเสร็จ	จำนวนครัวเรือนหน่วยงาน
		อำเภอ	จังหวัด			
31	ห้วยหารเด็ด	ปางมะผ้า	แม่ฮ่องสอน	25	2546	77
32	บ้านสันติสุข	ปง	พะเยา	30	2546	150
33	บ้านแม่กลองน้อย	อุ้มผาง	ตาก	20	ธค. 46	60
34	บ้านแม่กลองใหญ่	อุ้มผาง	ตาก	40	ธค. 46	162
35	ห้วยแม่สอย	เมืองปาน	ลำปาง	25	11 พย. 47	48
36	ห้วยก้างปลา	แม่จัน	เชียงราย	20	2547	ร้านค้า อบต.
37	บ้านทุ่งต้นงิ้ว	อมก๋อย	เชียงใหม่	35	มค. 48	94
38	ห้วยหมากราง	เมือง	แม่ฮ่องสอน	25	ธค. 48	105
39	พอนอคี	เมือง	แม่ฮ่องสอน	20	ธค. 48	62
40	บ้านสามหมื่นทุ่ง	แม่สอด	ตาก	60	2549	163
41	บ้านมะโอโค๊ะ	อุ้มผาง	ตาก	30	2550	152
42	แม่น้ำตะ	อุ้มผาง	ตาก	60	2550	273
รวม				1,260		4,149

ในการดำเนินโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) นั้นได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกหมู่บ้านที่เหมาะสมกับการทำโครงการ ประกอบด้วย มีแหล่งน้ำที่มีปริมาณน้ำไหลมากพอสมควรตลอดทั้งปี มีบริเวณที่จะจัดตั้งโครงการ พอเพียง และต้องอยู่ไม่ไกลจากหมู่บ้านเกิน 10 กิโลเมตรพร้อมกันนั้นต้องเป็นหมู่บ้านที่มีจำนวนประชากรประมาณ 30-200 ครัวเรือน และเป็นหมู่บ้านที่ยังไม่มีสายส่งไฟฟ้าของรัฐเข้าไปถึง มีสถานที่ตั้งโครงการเหมาะสมสามารถประหยัดค่าก่อสร้างได้ และหากมีเหมืองฝายเดินอยู่ก่อนแล้ว จะได้รับการพิจารณาสนับสนุนเป็นพิเศษ

ที่สำคัญที่สุดคือ ประชาชนในหมู่บ้านจะต้องให้ความร่วมใจเข้าร่วมใช้แรงงาน เพื่อช่วยทำการก่อสร้าง และจัดหาวัสดุที่มีในท้องถิ่น เช่น กรวด หิน ทราย เป็นต้น และต้องยินดีรับมอบการบริหารจัดการ ภายหลังจากการก่อสร้างเสร็จแล้ว เพื่อดำเนินการควบคุมดูแล บริหารการผลิต และจำหน่าย กระแสไฟฟ้า ตลอดจนการบำรุงรักษา โดยมีการจัดตั้งเป็นสหกรณ์ผู้ใช้ไฟฟ้าพลังน้ำหรือกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นองค์กรการบริหารจัดการกันเองของชาวบ้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อให้การดำเนินโครงการพลังไฟฟ้าระดับหมู่บ้านเกิดประสิทธิภาพสูงสุด พพ. จึงได้กำหนดข้อมูลจำเป็นที่จะนำมาใช้ในการศึกษาและวางแผนจัดทำโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน ได้แก่

- การจัดทำแผนที่ : ซึ่งจะมีการกำหนดลักษณะสำคัญของโครงการ จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร
- ข้อมูลอุทกวิทยา : จำเป็นต้องมีการคำนวณหาปริมาณน้ำในช่วงที่ไหลน้อยที่สุดและมากที่สุดจากพื้นที่ลุ่มน้ำของหมู่บ้านตลอดทั้งปี
- ความต้องการใช้ไฟฟ้า : จะใช้วิธีการประชุมชาวบ้าน เพื่อสอบถามถึงความต้องการในการใช้ไฟฟ้าภายในหมู่บ้าน และนำมาใช้สำหรับการคำนวณหาปริมาณความต้องการของโครงการ เพื่อกำหนดขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอแก่ความต้องการของชุมชน

ในขณะเดียวกันยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญของการก่อสร้างโครงการในเรื่องอื่นๆ อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็น ฝายผันน้ำ ส่วนปากท่อน้ำ ส่วนควบคุม การไหลของน้ำ ทางส่งน้ำ อ่างเก็บน้ำ ท่อส่งแรงดันน้ำ อาคารโรงไฟฟ้า ทางปล่อยน้ำ และสายส่งกระแสไฟฟ้า

คุณประโยชน์ในภาพรวมของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับชุมชนจึงไม่ได้มีเพียงการทำให้ชาวบ้านในชนบทห่างไกลมีไฟฟ้าใช้เท่านั้น หากแต่ยังมีคุณประโยชน์ สืบเนื่องอันเป็นผลพลอยได้จากการจัดทำโครงการ ให้เกิดขึ้นกับชาวบ้านและสังคมภายในชุมชนอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นการช่วยทำให้ชุมชนมีอ่างเก็บน้ำที่มีคุณค่าต่อการนำไปใช้อุปโภคบริโภค การนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ ทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน การดำรงชีวิต เป็นแหล่งอาหารสัตว์น้ำ การประกอบอาชีพเกษตรกรรม การประมง และอาชีพอื่นที่ติดตามมาจากธุรกิจการท่องเที่ยว ตลอดจนการได้ใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สิ่งที่มีความสำคัญมากประการหนึ่งของโครงการคือ การช่วยสร้างโอกาสให้แก่ชาวบ้านได้มีโอกาสช่วยกันพัฒนาและรักษา ตลอดจนการควบคุม และดูแลการบริหารจัดการน้ำ เท่ากับเป็นการช่วยกันทำให้เกิดการตระหนักรู้ถึงความสำคัญของ “น้ำ” ที่มีนัยสำคัฐในเรื่องอื่นๆ อีกมากมาย จึงเป็นผลดีต่อชาวบ้านและธรรมชาติสิ่งแวดล้อมของชุมชนอย่างมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน)

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับในเทคนิควิศวกรรม

2.2.1 พื้นฐานของกังหันพลังน้ำขนาดเล็กมาก

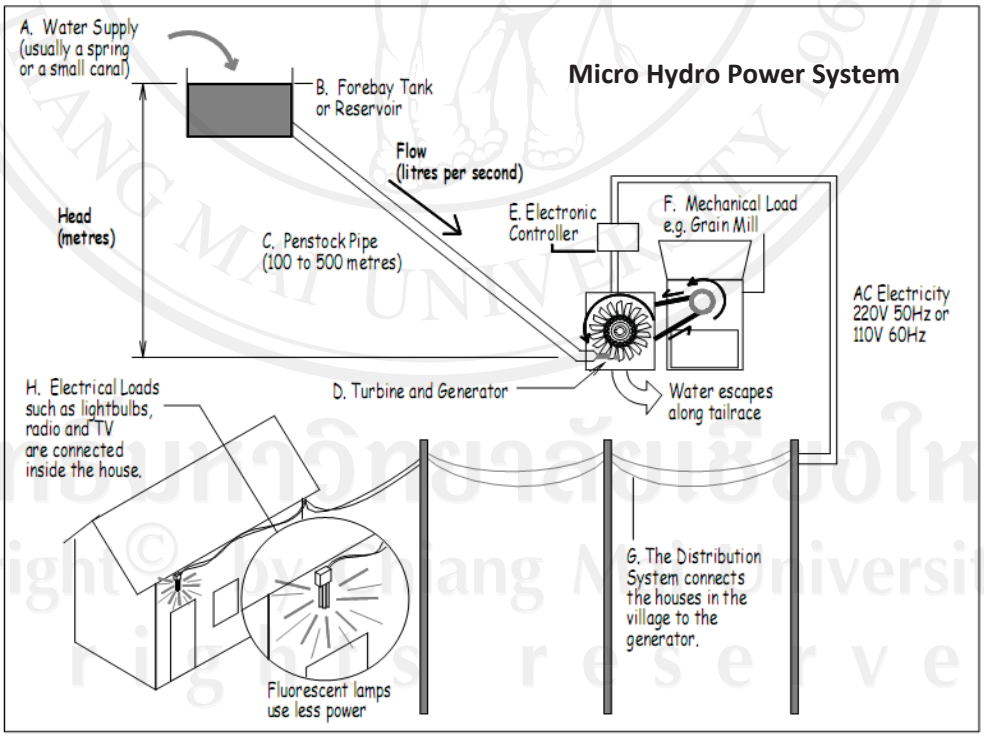
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปจะหมายถึงระบบผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังงานน้ำหมุนกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) โดยกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ประมาณ 5 กิโลวัตต์ ไฟฟ้าที่ได้เป็นกระแสสลับ 220V 50Hz หรือ110V 60Hz ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงสามารถนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆ ไปได้ เช่น หลอดไฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แสงสว่าง วิทยุ และโทรทัศน์ทั้งนี้อาจออกแบบให้สามารถใช้ประโยชน์ระบบในรูปของพลังงานกล โดยตรงได้เช่นกัน เพื่อนำไปใช้งานอื่นๆ เช่น ใช้กับเครื่องสีข้าว เป็นต้น ส่วนประกอบหลักของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว ได้แก่ แหล่งน้ำป้อน (Water Supply) บ่อหรืออ่างเก็บน้ำ (Reservoir) ท่อส่งน้ำ (Penstock Pipe) ชุดกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Turbine & Generator) ชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Electronic Controller) ภาระทางกล (Mechanical Load) ระบบส่งไฟฟ้า (Distribution System) และภาระทางไฟฟ้าของระบบ (Consumer Loads)

พื้นฐานของ กังหันพลังน้ำขนาดเล็กมาก มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องมาประกอบกัน ทำให้เกิดประโยชน์ในการใช้น้ำที่มีศักยภาพอยู่ เช่นพลังงานศักย์คือพลังงานที่น้ำสะสม นำมาใช้งานโดยเป็นรูปของพลังงานจลน์ คือความเร็วของน้ำผ่านตัวพา ไปขับเคลื่อนกังหัน เป็นรูปทางกล ส่งผ่านพลังงานไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถนำพลังงานไฟฟ้า สามารถนำไปใช้งานได้เอนกประสงค์ มีองค์ประกอบที่สำคัญหลายส่วน ดังนี้

ระบบกังหันพลังน้ำขนาดเล็กมากจะใช้พลังงานจากน้ำที่กำลังไหล รูป 2-1 แสดงแผนผังของระบบ กังหันพลังน้ำขนาดเล็กมากส่วนประกอบแต่ละส่วน มีรายละเอียด ได้ตามนี้



รูป 2.1 ส่วนประกอบของระบบกังหันพลังน้ำขนาดเล็กมาก (Phillip Maher and Nigel Smith: 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) แหล่งน้ำเป็นลำธารหรือ คลองชลประทาน หรือแหล่งน้ำปริมาณน้อยๆสามารถส่งมาจากแม่น้ำใหญ่ๆก็ได้ สิ่งสำคัญที่ใช้พิจารณาคือ แหล่งน้ำจะต้องมีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้น้ำเป็นเพื่อส่วนรวม ลำห้วยเล็กๆตามธรรมชาติ นั้นเป็นแหล่งน้ำที่ดีเพราะว่าสายน้ำเหล่านี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล แม้ว่าจะเป็นฤดูแล้งก็ตามและโดยปกติแล้วจะมีความสะอาดด้วย นั้นหมายความว่าประตูน้ำเข้า ไม่จำเป็นต้องออกแบบเผื่อไว้มากและไม่ต้องการการทำความสะอาดประจำ

(2) น้ำจะถูกส่งเข้าสู่ อ่างเก็บน้ำ ในบางครั้งต้องมีการขยายขึ้นให้เป็นแหล่งเก็บน้ำเล็กๆ และเก็บน้ำนี้ใช้ประโยชน์เป็นที่เก็บน้ำหรือสะสมพลังงาน เมื่อน้ำขาดแคลนในฤดูแล้ง

(3) น้ำจะไหลจาก อ่างเก็บน้ำ หรือแหล่งเก็บน้ำลงมาตามท่อส่งน้ำซึ่งเรียกว่า penstock ในส่วนท้ายของท่อส่งน้ำมันจะถูกทำให้เป็นหัวฉีดที่มีความดันสูง จะช่วยในการเลือกท่อส่งน้ำที่ถูกต้อง การออกแบบระบบ กังหันพลังน้ำขนาดเล็กมาก คือการเลือกสถานที่หุบเหวหรือภุเขา มีความสูงอย่างน้อย 20 เมตรถ้าความสูงต่ำกว่า 20 เมตรหมายความว่าต้องมีปริมาณน้ำที่มากพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าที่มากพอ

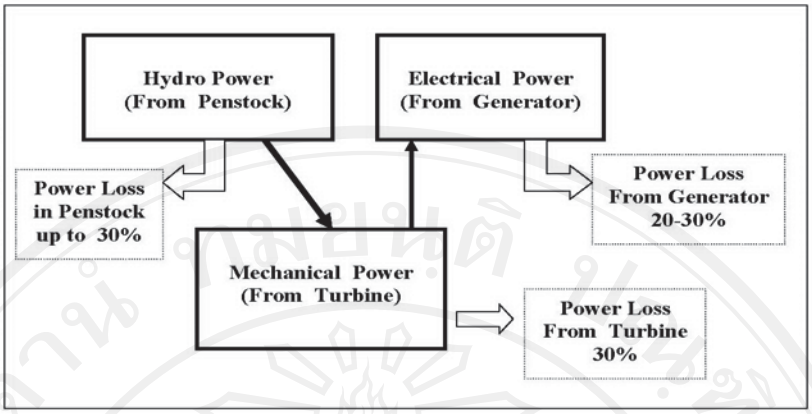
(4) พลังงานในการฉีด เรียกว่า hydraulic power หรือ hydro power ถูกส่งให้กับกังหันน้ำซึ่งเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล กังหันผันน้ำจะมีใบกังหันซึ่งจะทำให้มีการหมุนเมื่อมีการไหลผ่านของน้ำ ผ่านหัวฉีด(nozzle) และ case ปกติแล้วจะมีการหมุน 750-1500 รอบต่อนาที กังหันจะติดอยู่กับตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า วัตถุประสงค์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือจะเปลี่ยนพลังการหมุนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า นั้นคือวิธีการทำให้การไหลจากแหล่งน้ำเล็กๆให้เป็นพลังงานไฟฟ้านั้นเอง

(5) ตัวควบคุมอิเลคทรอนิคส์จะถูกเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อให้ได้ไฟฟ้าที่ผลิตได้ส่งผ่านไปยังโหลดที่ต้องการใช้งาน ทั้งนี้สิ่งสำคัญคือการหยุดการเพิ่มขึ้นและลดลงของแรงดันไฟฟ้า การไม่มีตัวควบคุมโหลด การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของแสงสว่างและอุปกรณ์อื่นจะถูกสวิทช์ ปิด และเปิด

กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าจะถูกวัดในหน่วยวัตต์ (W) หรือ กิโลวัตต์ (kW) โดยที่ 100 วัตต์ เท่ากับ 1 กิโลวัตต์ กังหันพลังน้ำขนาดเล็กมากมีกำลังการผลิตมากที่สุดคือ 5 กิโลวัตต์ มันมีความสำคัญมากในการอธิบายการถ่ายเทพลังงานแต่ละชนิด โครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำมีอยู่ 3 ชนิด ซึ่งมีค่าต่างกันเพราะว่ามีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปหนึ่งไปสู่ พลังงานรูปอื่นๆ ซึ่งจะมีการสูญเสียในแต่ละสถานะ ซึ่งแสดงในรูป 2.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.2 พลังงานบางส่วนมีการสูญเสียในแต่ละสถานะระหว่างการเปลี่ยนจากการฉีดน้ำไปเป็นกระแสไฟฟ้า (Phillip Maher and Nigel Smith: 2001)

พลังงานที่สูญเสียมากที่สุดปรากฏในการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นพลังงานกล ขณะที่มีการหมุนกังหัน ในการออกแบบที่ดีแล้วจะมีการสูญเสีย 30 % ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังงานบางส่วนจะสูญเสียในท่อส่งน้ำ น้ำมีการสัมผัสกับผิวท่อ ทำให้มีการไหลช้าลงจากความเสียดทาน การสูญเสียนี้จะคำนวณเป็นเมตร ถือว่าเป็น การสูญเสียความสูงของ ความสูงของหัวน้ำ และเมื่อคิดการสูญเสียความสูงแล้ว ความสูงใหม่ที่ใช้คำนวณเรียกว่า net head หรือความสูงสุทธิ

ประสิทธิภาพ (Efficiency)

ประสิทธิภาพเป็นคำที่ใช้อธิบาย การเปลี่ยนแปลงพลังงานจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่งว่าดีเพียงใด กังหันผันน้ำเป็นพลังงานกลได้ 70% (มีการสูญเสีย 30 %) ประสิทธิภาพของระบบเป็นการรวมประสิทธิภาพของระบบสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ กังหันพลังน้ำขนาดเล็กมากปกติอยู่ที่ 40% ถึง 50% สมมติฐานว่าการประมาณอย่างหยาบๆ ถ้ามีการใช้พลังงานน้ำ 2.8 กิโลวัตต์ของสายน้ำเล็กๆ ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าคาดว่าจะได้ 2.8 ×45% = 1.26 กิโลวัตต์

(1) โหลดทางกล เป็นเครื่องที่ต่อเข้ากับเพลาของกังหัน โดยปกติแล้ว จะใช้ระบบสายพาน ดังนั้นแรงหมุนจากกังหันสามารถส่งพลังงานไปให้กับเครื่องมือที่ใช้หลักการหมุนได้โดยตรงอย่างเช่น เครื่องสีเมล็ดพืช หรือ เครื่องจักรที่ใช้กับงานไม้ ซึ่งจะทำให้มีการสูญเสียพลังงานในการหมุนสายพานประมาณ 10 % ของพลังงานกล ในระบบกังหัน สำหรับคำแนะนำในการใช้โหลดทางกล

(2) ระบบไฟฟ้าจำหน่าย ต่อกับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาไปยังบ้านเรือน โดยปกติแล้ว ระบบนี้เป็นส่วนหนึ่งในส่วนที่แพงที่สุด ใน ได้ให้รายละเอียดในวิธีการออกแบบระบบจำหน่ายและการเลือกขนาดของสายส่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) โหลดของผู้ใช้ไฟฟ้า ปกติแล้วจะมีการเชื่อมต่อภายในบ้าน ชื่อทั่วไปจะเรียกว่าโหลดทางไฟฟ้าซึ่งจะหมายถึงอุปกรณ์ใดๆ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ชนิดของโหลดทางไฟฟ้า นั้นจะต้องขึ้นอยู่กับขนาดของพลังงานไฟฟ้าทีผลิตขึ้นได้ หลอดฟูออเรสเซนต์เป็นที่นิยมใช้ เพราะว่า มันใช้พลังงานน้อยสำหรับการปริมาณแสงที่สมมูลกันนั้นหมายความว่าหลอดไฟหลายหลอดสามารถต่อได้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียวกันได้หลายหลอด หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

2.2.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro Power Plant)

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีความสำคัญอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งอาศัยน้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยการสร้างเขื่อนปิดกั้นลำน้ำให้มีระดับสูงจนมีแรงดันพอที่จะหมุนกังหันน้ำและขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งอยู่บริเวณท้ายน้ำที่ระดับต่ำกว่า การนำพลังน้ำมาใช้นั้นมีข้อดีคือไม่ต้องสูญเสียเชื้อเพลิงซึ่งช่วยลดปัญหาการนำเข้าของน้ำมันดีเซลซึ่งมีราคาสูงในภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กล่าวคือไม่ทำให้อุณหภูมิของน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้ามีค่าสูงที่จะส่งผลกระทบต่อพันธุ์สัตว์น้ำและไม่เกิดมลภาวะในอากาศอันเกิดมาจากขบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

การจำแนกประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ สามารถแยกได้ใน 2 รูปแบบคือ ตามขนาดของโรงไฟฟ้าและตามลักษณะการบังคับน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับการจำแนกประเภทตามขนาดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำสามารถแยก 6 แบบ ได้ดังนี้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน:2008)

(1) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ (Large -Hydro) มีกำลังผลิต 100 เมกกะวัตต์ ขึ้นไป ใช้ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

(2) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกลาง (Medium-Hydro) มีกำลังการผลิต 15 – 100 เมกกะวัตต์ ใช้ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

(3) โรงไฟฟ้าขนาดย่อม (Small-Hydro) มีกำลังการผลิต 1-15 เมกกะวัตต์ ใช้ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

(4) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (Mini-Hydro) มีกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ แต่ไม่เกิน 1 เมกกะวัตต์ ใช้ทั้งในระบบโดดเดี่ยวและต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

(5) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก (Micro – Hydro) มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 5 กิโลวัตต์ ถึง 100 กิโลวัตต์ มักจะใช้ในระบบโดดเดี่ยวกับชุมชนขนาดเล็กหรือ อุตสาหกรรมที่อยู่ไกลจากสายส่งไฟฟ้าจากกริดระบบไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(6) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว (Pico – Hydro) มีกำลังการผลิตไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ ใช้กับระบบโดดเดี่ยวในชุมชนที่ห่างไกลสายส่ง

ส่วนของการจำแนกประเภทตามลักษณะการบังคับน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า สามารถแยกได้ 4 แบบ คือ

(1) โรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี (Run-Of-River Hydro power Plant) คือ โรงไฟฟ้าแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ การผลิตไฟฟ้าอาศัยน้ำที่ไหลตามธรรมชาติของลำน้ำ โดยกำลังผลิตติดตั้งมักจะคิดจากอัตราการไหลของน้ำประจำปีในช่วงที่ต่ำที่สุดเพื่อที่จะสามารถเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าให้ได้อย่างสม่ำเสมอตลอดปี

(2) โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Regulating Pond Hydropower Plant) คือ โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่สามารถบังคับการไหลของน้ำได้ในช่วงสั้นๆ การผลิตไฟฟ้าจะสามารถควบคุมให้สอดคล้องกับความต้องการได้ดีกว่าโรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี

(3) โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ (Reservoir Hydropower Plant) คือ โรงไฟฟ้าแบบมีเขื่อนขนาดใหญ่กั้นขวางลำน้ำเพื่อเก็บน้ำในฤดูฝนและนำไปใช้ในฤดูแล้ง

(4) โรงไฟฟ้าแบบนี้สามารถสูบน้ำกลับขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีก ประโยชน์ของโรงไฟฟ้าชนิดนี้คือการแปลงพลังงานที่เหลือใช้ในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำเช่นเวลาเที่ยงคืนนำไปสะสมไว้ในรูปของการเก็บน้ำในอ่างน้ำเพื่อที่จะสามารถใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกครั้งหนึ่งในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง

2.2.3 กังหันผันน้ำ (Turbine)

กังหันผันน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นพลังงานกลและถ่ายทอดพลังงานไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังตารางที่ 2.1 คือ

(1) กังหันแรงกระแทก (Impulse Turbine) เครื่องกังหันน้ำชนิดแรงกระแทก จะเปลี่ยนรูปพลังงานจากการไหลทั้งหมดเป็นพลังงานจลน์ของลำน้ำก่อนที่จะพุ่งเข้าปะทะกับลูกถ้วย (bucket) การเปลี่ยนรูปของพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์จะเกิดขึ้นได้ด้วยการให้น้ำไหลผ่านหัวฉีดโดยความดันที่กระทำต่อลำน้ำ ทั้งก่อนและหลังจากกระทบกับลูกถ้วยแล้วมีค่าเท่ากัน ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกเครื่องกังหันน้ำชนิดแรงกระแทก นี้ว่าเครื่องกังหันน้ำชนิดความดันคงตัว ความดันที่กระทำต่อลำน้ำทางเข้า และ ทางออกของลูกถ้วยจะมีค่า เท่ากับ ความดันบรรยากาศ นั่นคือ $P= P_2 =P_{atm}$ = 101.3 kPa ความสูงหัวน้ำด้านเหนือน้ำเท่านั้นที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อแรงฉีดของน้ำต่อใบกังหันและกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า กังหันแรงกระแทก นี้ แบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- แบบใช้กับความสูงหัวน้ำต่ำ เป็นแบบกังหัน ครอสโฟล์เทอร์ไบน์ (Cross Flow Turbine) หรือ กังหันบันกิ (Banki Type)

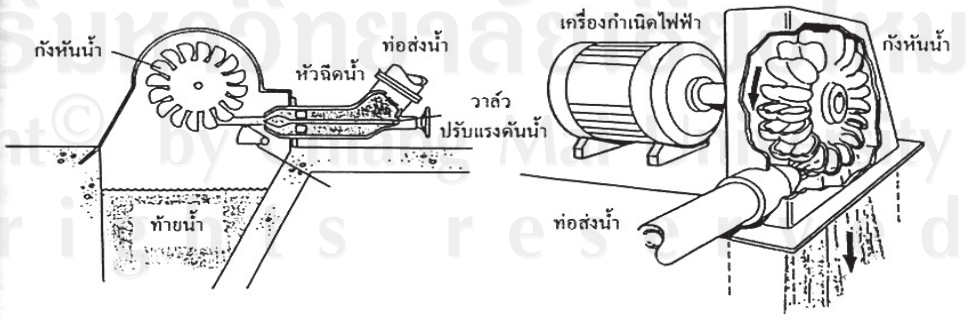
- แบบใช้สำหรับความสูงหัวน้ำปานกลาง เป็นแบบกังหัน กังหันเทอร์โก (Turgo Type)

- แบบใช้กับความสูงหัวน้ำสูง เป็นแบบกังหันเพลตัน (Pelton Type)

ลักษณะการทำงานของเครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน (Pelton Type) แสดงภาพตัดขวางของลูกถ้วยที่ยึดติดอยู่กับเพลา ซึ่งหมุนรอบแกน โดยเครื่องกังหันน้ำชนิดอิมพัลส์นี้สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน เนื่องจากในปี ค.ศ.1880 วิศวกรชาวอเมริกันชื่อ เลสเตอร์ เอ. เพลตัน (Lester A. Pelton) ได้พัฒนาเครื่องกังหันน้ำชนิดกังหันแรงกระแทกซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายให้สามารถทำงานภายใต้ความสูงหัวน้ำของน้ำสูง ๆ ได้ ซึ่งลูกถ้วยครึ่งทรงกลม ควรมีจำนวนอยู่ระหว่าง 18-22 ลูกถ้วย แต่ไม่ควรต่ำกว่า 15 ลูกถ้วย

ลำน้ำจะพุ่งออกจากหัวฉีดเข้าปะทะกับลูกถ้วยในแนวกึ่งกลางของแนวการหมุนของลูกถ้วย โดยหัวฉีดจะเป็นส่วนที่ยึดติดอยู่กับทางเข้าของน้ำ ซึ่งสามารถปรับอัตราการไหลให้เหมาะสมกับการผลิตกำลังได้ และจากแสดงภาพตัดขวางของลูกถ้วย พบว่าลูกถ้วยจะมีลักษณะเป็นครึ่งทรงกลม 2 ชิ้น เพื่อให้ลำน้ำหลังจากพุ่งเข้าปะทะแล้วสามารถที่จะไหลย้อนกลับในทิศทางเดิมได้ ทำให้แรงปะทะมีค่าเพิ่มขึ้น

ลูกถ้วยที่ใช้ในเครื่องกังหันน้ำชนิดนี้จะทำจากเหล็กพืดสำหรับการทำงานภายใต้ความสูงหัวน้ำที่ไม่สูงมาก และทำจากเหล็กหรือสัมฤทธิ์สำหรับการทำงานภายใต้ความสูงหัวน้ำสูง ๆ โดยพื้นผิวของลูกถ้วยจะต้องมีความเรียบลื่น



รูป 2.3 แสดงกังหันเพลตัน (วัฒนา ถาวร : 2543)

(2) กังหันแรงสะท้อน (Reaction Turbine) เป็นเครื่องกังหันที่ขับเคลื่อนโดยใช้แรงดันของน้ำที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำด้านหน้าและด้านท้ายของเครื่องกังหันกระทำต่อใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กังหัน ระดับด้านท้ายน้ำจะอยู่สูงกว่า ระดับบนของปลายท่อปล่อยน้ำออก (Draft Tube) กังหันชนิดนี้จะเหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีความสูงหัวน้ำด้านเหนือน้ำปานกลางและต่ำ

- กังหันฟรานซีส (Francis Turbine) เป็นกังหันแบบที่การไหลเข้าของปริมาณน้ำในใบพัดเป็นแบบรัศมี และน้ำจะไหลออกขนานกับแนวแกน ซึ่งแสดงว่ามีการเปลี่ยนทิศทางการไหลในขณะที่ผ่านใบพัด ซึ่งมีทั้งแกนตั้งและแกนนอน โดยทั่วไปใช้กรณีหัวน้ำมีค่าไม่สูงนัก ท่อนำน้ำเข้ากังหันทำด้วยแผ่นเหล็ก หรือเหล็กหล่อ แล้วแต่ค่าหัวน้ำและความจุจะมีค่าเท่าไหร่ และเป็นตัวรับแรงทางกลศาสตร์ สามาระปรับกำลังผลิตของเครื่องกังหันได้

- กังหันคาปลาน (Kaplan Turbine) เป็นแบบที่การไหลของน้ำผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนกังหัน ซึ่งใช้กับช่วงที่หัวน้ำต่ำและใบพัดของกังหันชนิดนี้ เป็นแบบที่ขยับตัวได้และสามารถเปลี่ยนมุมของซี่ใบพัดได้ เพื่อให้เป็นไปตามช่องเปิดของช่องนำน้ำ

เครื่องกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์ (Propeller Turbine) มีการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันน้ำแบบไหลผ่านตามแนวแกน เหมาะสำหรับการทำงานภายใต้ความสูงหัวน้ำของแหล่งจ่ายน้ำที่ไม่สูงมากนัก คือไม่มากกว่า 30 เมตร แต่สามารถทำงานกับอัตราการไหลของน้ำที่สูงได้ ใบพัดของเครื่องกังหันน้ำชนิดนี้จะยึดติดกับแกนหมุน ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงมุมของใบพัดได้ตามสภาวะการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเครื่องกังหันน้ำจะทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้สภาวะทำงานเต็มที่ (Full Load) และประสิทธิภาพจะลดลงหากทำงานภายใต้สภาวะที่เปลี่ยนแปลงไป ต่อมา วิคเตอร์ แคปลัน (Viktor Kaplan) นักประดิษฐ์ชาวออสเตรียได้คิดปรับปรุงให้ใบพัดของเครื่องกังน้ำชนิดโพรเพลเลอร์สามารถปรับมุมของใบพัดได้ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างเหมาะสม ทำให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้ในช่วงสภาวะการทำงานที่กว้างขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดชื่อเรียกเครื่องกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์ที่ปรับมุมของใบพัดได้เสียใหม่ว่า เครื่องกังหันน้ำชนิดคาลปลาน

ส่วนประกอบหลักของเครื่องกังหันน้ำชนิดคาลปลาน คือ ใบพัด เรือนเครื่องกังหันน้ำ ใบบังคับทิศทางและท่อทางออกของน้ำ ซึ่งก็ไม่ได้แตกต่างไปจากส่วนประกอบหลักของเครื่องกังหันน้ำชนิดฟรานซิส เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ใบบังคับทิศทางน้ำจะไหลในแนวตั้งฉากกับแกนหมุน แต่เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ใบพัดน้ำจะมีการไหลตามแนวแกนหมุน

จำนวนใบพัดของเครื่องกังหันน้ำชนิดคาลปลานจะอยู่ระหว่าง 3-6 ใบ ซึ่งใบพัดจะทำจากเหล็กกล้าไม่เป็นสนิทและยึดติดอยู่กับดุมใบพัด (hub) เครื่องกังหันน้ำชนิดคาลปลานนี้สามารถทำงานที่สภาวะสูงกว่าสภาวะทำงานเต็มที่ได้ถึง 15-20% โดยการเปลี่ยนมุมของใบพัดจะทำให้

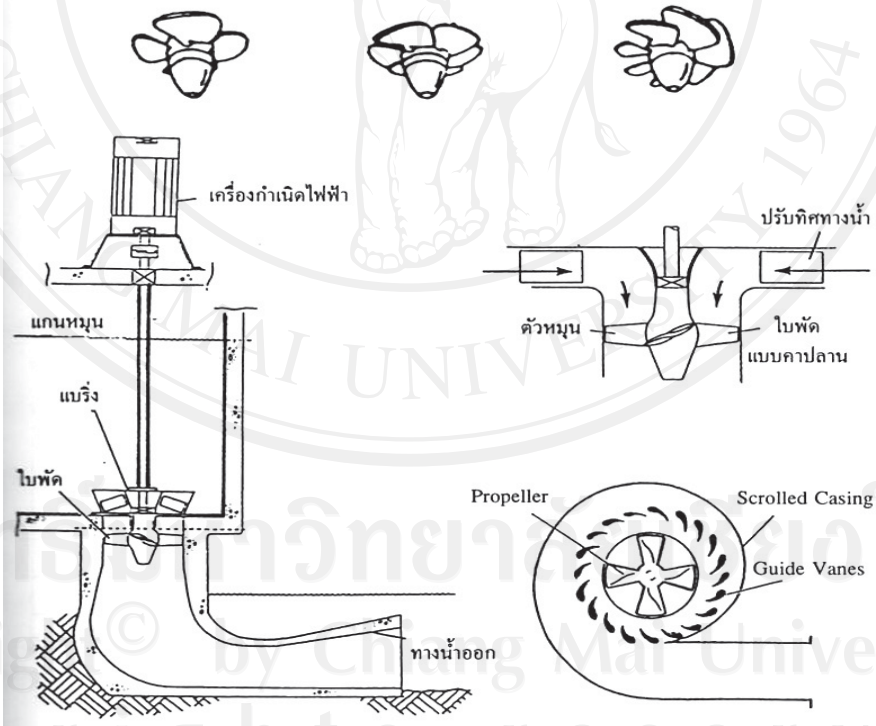
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไดอะแกรมความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าและไหลออกใบพัดเปลี่ยนแปลงไป แสดงลักษณะของมุมของใบพัดเมื่อทำงานเต็มที่และทำงานเพียงบางส่วน (Part Load)

ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำชนิดกังหันแรงสะท้อน

- ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์ เมื่อทำงานภายใต้สภาวะทำงานเพียงบางส่วนจะมีค่าต่ำกว่าทั้งเครื่องกังหันน้ำชนิดฟรานซิสและคาลปลาน

- จะเห็นว่าเครื่องกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์มีประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำกว่าเครื่องกังหันน้ำชนิดอื่น ๆ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเกิดการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ที่ทางเข้าของใบพัด (เกิดการไหลแบบ Shock) ซึ่งคาลปลานก็ได้คิดปรับปรุงให้ใบพัดสามารถหมุนได้รอบจุดยึดของตัวใบพัดเอง เพื่อให้การไหลของน้ำเข้าสู่ทางเข้าของใบพัดไม่เกิดการไหลแบบปั่นป่วน ส่งผลให้ประสิทธิภาพมีค่าสูงสำหรับช่วงการทำงานที่กว้างขึ้น

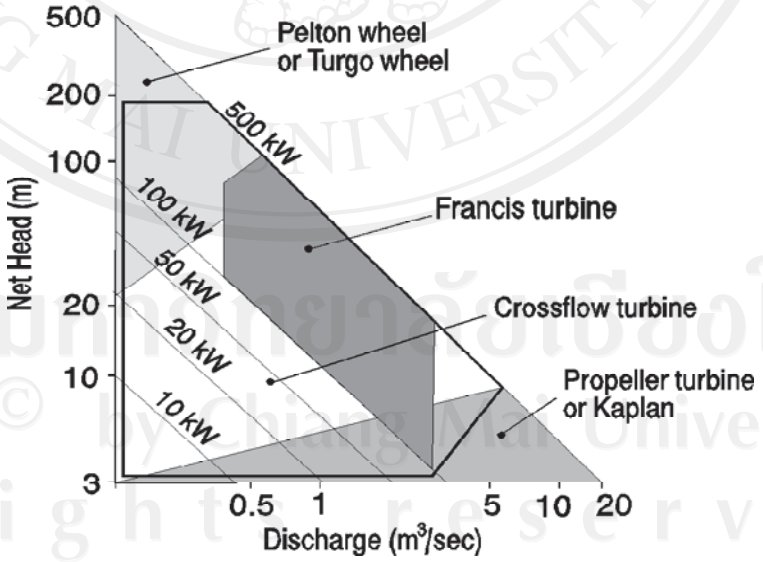


รูป 2.4 แสดงกังหันแบบคาปลาน (วัฒนา ถาวร : 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 ชนิดของกังหันพลังงานน้ำ (ที่มา:The British HydropowerAssociation,2005)

Turbine Type	Head classification & Power capacity		
	Low(<10 m)	Medium (10 – 50)	High (>50 m)
Impulse	Tinny Crossflow ~200W for Battery charging Tinny Turgo (up to 1 kW)	Crossflow Variation Turgo (7 kW) Multi –jet Pelton	Tinny Pelton Wheels (Peltiric Set) up to 5 kW Variation Turgo (1 kW) Multi –jet Pelton
Reaction	Francis Propeller (up to 1 kW) Kaplan	Francis (spiral case)	



รูป 2.5 กังหันที่เหมาะสมกับความสูงหัวน้ำ อัตราการไหล และกำลังการผลิต ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (ที่มา:The British HydropowerAssociation,2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมากมีหลายชนิด การเลือกใช้ชนิดของ ไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว ให้เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพแหล่งน้ำ ความสูงหัวน้ำ (Head) และอัตราการไหลของน้ำ ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เลือกใช้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะภูมิอากาศซึ่งเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว ทุกแบบจะมีคุณสมบัติของกำลัง-ความเร็วรอบ และประสิทธิภาพ-ความเร็วรอบ ซึ่งระบบจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้จะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลักคือ ความเร็วรอบ ความสูง และอัตราการไหล ไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ตามชนิดของกังหัน ความสูง และขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า เราอาจจะประมาณการเลือกใช้ชนิดของกังหันได้ ดังรูปที่ 2.3

2.2.4 ความสูงหัวน้ำและอัตราการไหล (Head and Flow)

องค์ประกอบสำคัญของ พลังงานน้ำประกอบไปด้วย ความสูงหัวน้ำ และอัตราการไหล เกิดจากสายน้ำที่ไหลผ่านผาสูง แม่น้ำที่ผ่านน้ำตกหรืออาจจะเกิดจาก เขื่อน ฝาย ที่มนุษย์สร้างขึ้นมา

(1) ความสูงหัวน้ำทั้งหมด (The Gross Head) คือความสูงที่สุดที่ปรากฏตามแนวดิ่งระหว่างระดับบนสายน้ำ และล่างสายน้ำ แต่ในความเป็นจริงแล้วความสูงที่ปรากฏต่อกังหันผันน้ำจะน้อยกว่าความสูงทั้งหมด เนื่องมาจากมีการสูญเสียจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ ความสูงที่ปรากฏแก่กังหันผันน้ำนั้นจะเรียกว่า ความสูงหัวน้ำสุทธิ (Net Head)

(2) อัตราการไหล (Flow Rate) คือปริมาณของน้ำผ่านระนาบตั้งฉากกับการไหลภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือลิตรต่อวินาที

2.2.5 กำลังและพลังงาน (Power & Energy)

พลังงาน คือ ปริมาณของที่ทำขึ้น หรือ ความสามารถที่จะทำงานได้มีหน่วยเป็นจูน พลังงานไฟฟ้ามีหน่วย เป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่ง 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 3,600,000 จูล

กำลัง คืออัตราการใช้พลังงานใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (1 วัตต์ = 1 จูล ต่อ วินาที)

พลังงานที่ได้จากการที่น้ำไหลผ่านกังหัน แล้วกังหันผันน้ำก็จะไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีกำลังขึ้นอยู่กับความสูง และอัตราการไหล ดังสมการ

$$P = \eta \rho g Q H$$

P คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาได้

η คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียกำลัง ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมต่างๆ

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำที่เท่ากับ1,000 kg/m3

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก 9.81 m/s2

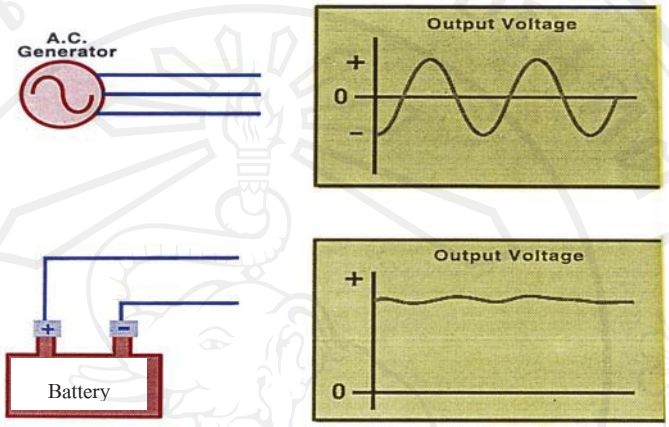
Q คือ อัตราการไหลของน้ำ

H คือ ความสูงหัวน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.6 หลักการพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนมากจะผลิตพลังงานออกมาในรูปไฟฟ้ากระแสสลับและเปรียบเทียบกับไฟฟ้ากระแสตรงดัง รูป 2.6



รูป 2.6 หลักการระบบไฟฟ้ากระแสสลับและระบบไฟฟ้ากระแสตรง

Synchronous Generator หรือโดยทั่วไปเรียกว่า Alternator เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ มีหลักการเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสตรง(DC. Generator) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือขดลวด Armature และสนามแม่เหล็ก ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งสองชนิด คือ ใน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสตรง(DC. Generator)ขดลวด Armature เป็นส่วนที่หมุนและสนามแม่เหล็กอยู่กับที่ สำหรับ Alternator ขดลวด Armature จะอยู่นิ่งเรียกว่า Stator ส่วนขดลวดที่สร้างสนามแม่เหล็กจะหมุนเรียกว่า Rotor

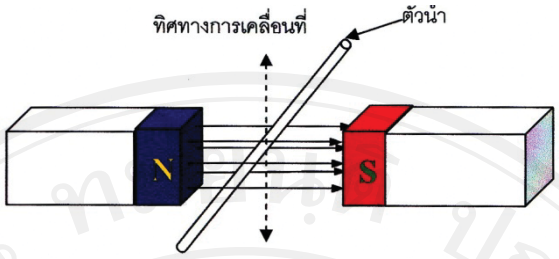
(1) หลักการของ Generator

สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Electromotive Force Equation : e.m.f.) เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อตัวนำหลักการนี้ค้นพบโดย Michael Faraday เขาได้ตั้งกฎเกี่ยวกับ Electromagnetic Induction ไว้ดังนี้

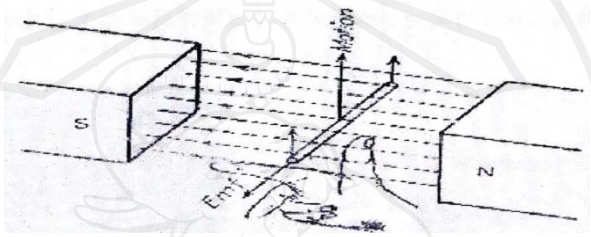
กฎข้อที่ 1 : Whenever a conductor cut, magnetic flux an e.m.f. is induced in that conductor

กฎข้อที่ 2 :The magnitude of the induced e.m.f. is equal to the rate of charge of flux linkage

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

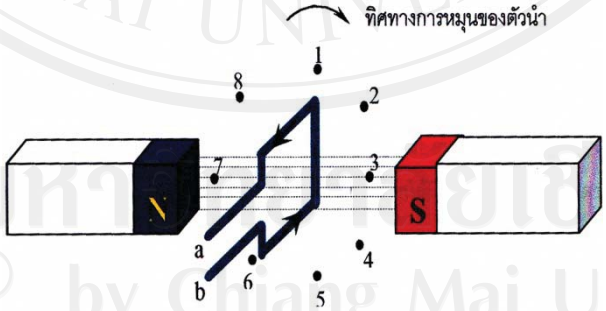


รูป 2.7 หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



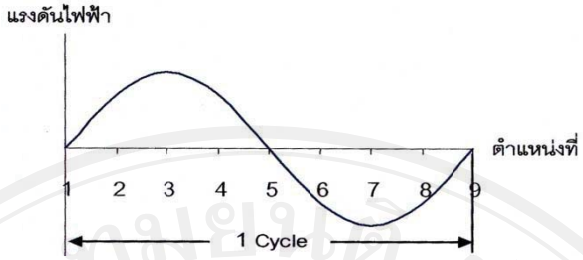
รูป 2.8 แสดงทิศทางของ Induced e.m.f.

จากรูป แสดงทิศทางของ induced e.m.f. ที่เกิดขึ้นใน Conductor โดยใช้กฎมือขวาของ เฟรมมิ่ง ถ้านิ้วหัวแม่มือแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้แสดงทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก นิ้วกลางจะแสดงทิศทางของ induced e.m.f.



รูป 2.9 แสดงหลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในทางปฏิบัติตัวนำจะเป็นขดลวด

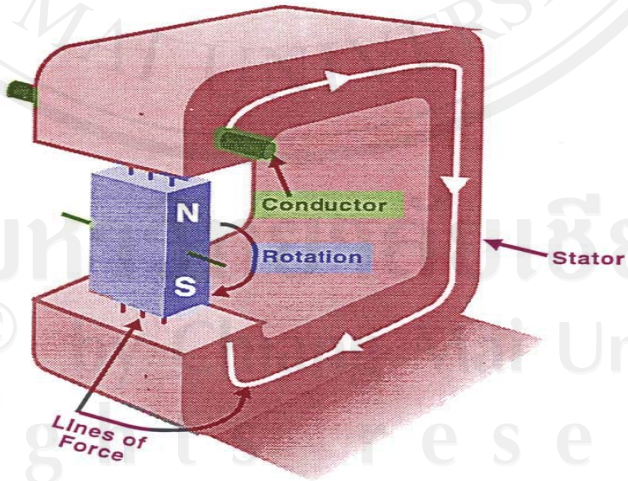
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.10 แสดง waveform ของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดในรูป 2.9 วัดระหว่างขั้ว a,b

ในระบบไฟฟ้ากระแสตรงระดับของแรงดันจะมีค่าคงที่และกระแสจะไหลอย่างต่อเนื่อง ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งตามปกติแล้วจะมีทิศทางจากขั้วบวกผ่านโหลดทางไฟฟ้าไปสู่ขั้วลบ

ระบบไฟฟ้ากระแสสลับระดับแรงดันจะเปลี่ยนจากค่าบวกไปค่าลบทุกๆ 2-3 มิลลิวินาที ดังนั้นทิศทางของกระแสจะไหลไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาการกำเนิดของพลังงานไฟฟ้าให้นึกว่า แทนที่จะใช้โรเตอร์(Rotor)ที่มีหลาย ๆ ขั้วแม่เหล็กในการติดตั้งให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ เราจะใช้แท่งแม่เหล็กอย่างง่าย ซึ่งจะมีเพียง 2 ขั้วแม่เหล็ก, ขั้วเหนือและขั้วใต้แท่งตัวนำของขดลวดสเตเตอร์(Stator)เพียงขดเดียว (รูป 2.11) เส้นแรงแม่เหล็กจะหมุนวนอยู่ภายในขดลวดสเตเตอร์และกลับมาทางแกนสเตเตอร์(Stator) โดยปกติเส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งออกมาจากขั้วเหนือและสู่ขั้วใต้



รูป 2.11 แสดง หลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

สนามแม่เหล็กจะหมุนตามโรเตอร์ (Rotor) หรือการหมุนตามแม่เหล็กถาวรเส้นแรง แม่เหล็กวิ่งตัดผ่านขดลวดตัวนำแรงดันจะถูกสร้างขึ้นมาภายในขดลวด นี้คือหลักการของการ

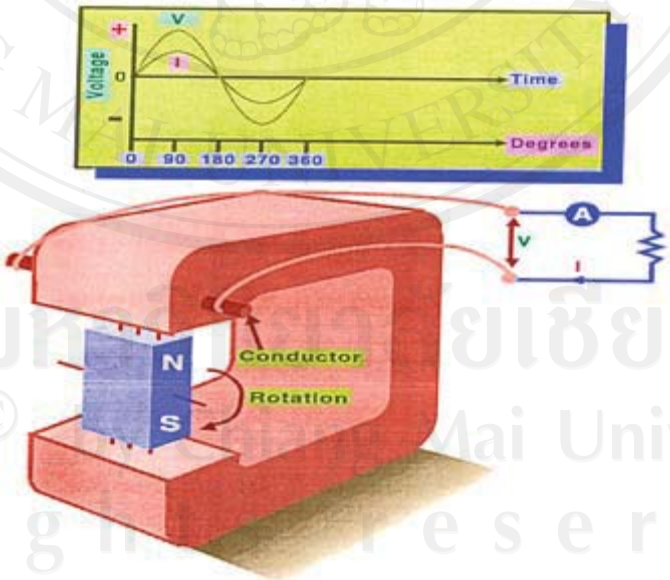
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า นั้นคือ เมื่อสนามแม่เหล็กตัดผ่านลวดตัวนำของสเตเตอร์(Stator) มันจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในลวดตัวนำ

ค่าและทิศทางของแรงดันเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของโรเตอร์(Rotor) และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อโรเตอร์(Rotor) หมุนจาก 0^{o} ถึง 90^{o} แรงดันจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด และหลังจากนั้นมันหมุนจาก 90^{o} ถึง 180^{o} มันจะลดลงอีกครั้ง

เมื่อแม่เหล็กยังหมุนต่อไปจนเกิน 180^{o} ลวดตัวนำจะถูกตัดผ่านโดยเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งเข้า ขั้วใต้แรงดันที่ถูกสร้างขึ้นจะมีค่าตรงข้าม นั้นคือทิศทางด้านลบ การหมุนของแม่เหล็ก 1 รอบ จะสร้างแรงดันกระแสสลับ 1 รอบ มันจะเป็นกระแสสลับเนื่องจากครึ่งรอบของแรงดันจะอยู่ทางบวกและอีกครึ่งรอบจะอยู่ทางลบ ในทางปฏิบัติจะมีลวดตัวนำหลาย ๆ แท่งที่ต่อเข้ากันเป็นขดลวดสเตเตอร์ (Stator)

เมื่อขดลวดถูกต่อผ่านความต้านทาน และแอมมิเตอร์เราจะพบว่ากระแสจะมีรูปลักษณะคล้ายกับแรงดัน (รูป 2.12) ทั้งครึ่งรอบบวกและครึ่งรอบลบ หมายถึงกระแสจะไหลไปในทิศหนึ่งสำหรับครึ่งรอบบวกและอีกทิศทางหนึ่งสำหรับอีกครึ่งรอบลบ ถ้าแม่เหล็กยังคงหมุนต่อไปมันจะยังคงสร้างแรงดันและกระแสต่อไปเรื่อย ๆ รูปร่างของคลื่นที่ได้จะมีลักษณะเป็น Sine Wave และค่าจะถูกคำนวณได้จากตารางตรีโกณมิติ

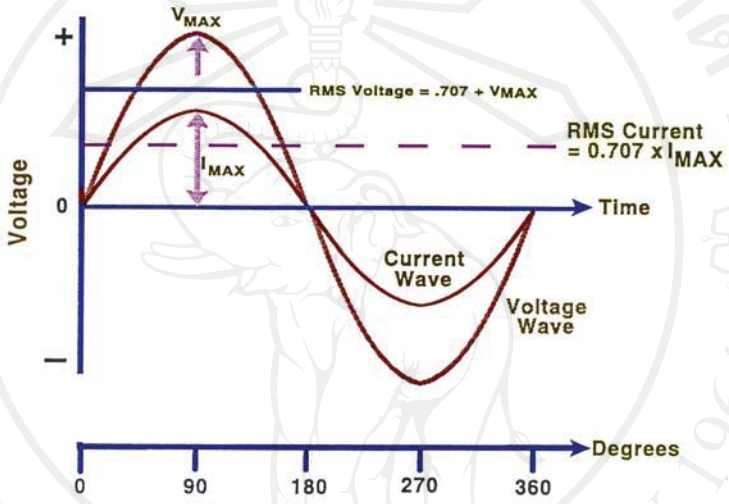


รูป 2.12 กระแสและแรงดันไฟฟ้า ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) ค่าแรงดันคงที่ RMS

ค่าของแรงดันที่สร้างภายในขดลวดจะเปลี่ยนทิศทางหลาย ๆ ครั้ง ภายใน 1 วินาที แต่หลอดไฟหรือโวลต์มิเตอร์ที่ต่อเข้ากับวงจรจะไม่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากมีค่าน้อยมากแทนที่หลอดไฟจะเปล่งแสงตามค่าเฉลี่ยต่าง ๆ และโวลต์มิเตอร์จะชี้ไปที่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นที่รู้จักคือค่า RMS หรือค่าแรงดันคงที่ซึ่งจะมีค่าคงที่ตลอดการทำงาน (รูป 2.13) ในทางปฏิบัติค่า RMS ของ Sine Wave ที่ปกติจะมีค่าเท่ากับ 0.707 เท่าของค่าสูงสุด

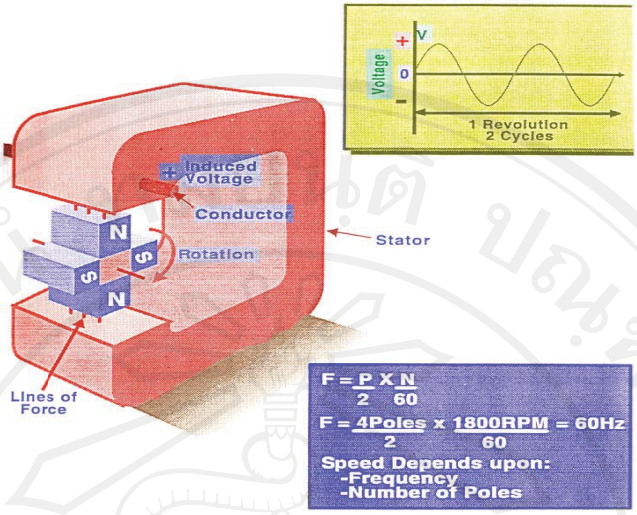


รูป 2.13 แสดงค่าแรงดันคงที่ (RMS) ของแรงดันและกระแสไฟฟ้า

(3) ความถี่

การหมุนแต่ละครั้งของแม่เหล็ก 2 ขั้ว จะสร้างรูปคลื่น Sine ออกมา 1 รอบ ถ้าแม่เหล็ก 2 ขั้วหมุนที่ความเร็ว 60 รอบต่อวินาที ดังนั้นเราจะสร้างแรงดันได้ 60 รอบต่อวินาที (60 Hz) การหมุน 60 รอบต่อวินาทีมีค่าเท่ากับ 3,600 รอบต่อนาที ซึ่งคือความเร็วของกังหันไอน้ำที่ทำงานในระบบ ในทางกลับกัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ขั้วในระบบ 50 Hz ซึ่งใช้ในยุโรปต้องทำงานที่ 3,000 รอบต่อนาที รูป 2.14 แสดงกรณีที่โรเตอร์(Rotor) มี 4 ขั้วแทน 2 ขั้วในการหมุนแต่ละครั้งของโรเตอร์จะสร้างแรงดัน 2 รอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.14 โรเตอร์(Rotor)ของเครื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มี 4 ขั้ว

สามารถอธิบายได้จากสูตร

$$Ns = \frac{120f}{P} \text{ รอบ/นาที}$$

เมื่อ f = ความถี่ (Hz), P = จำนวนขั้วแม่เหล็ก, Ns = จำนวนการหมุน (รอบต่อนาที)

ความเร็วที่ต้องการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ

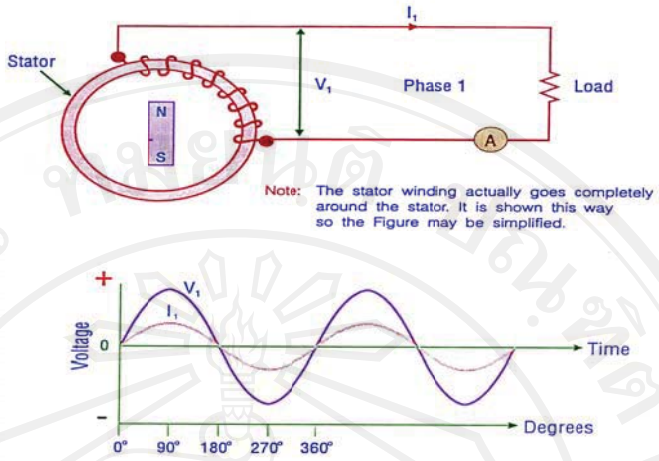
- ความถี่
- จำนวนขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์(Rotor)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะทำงานที่ความเร็วสัมพัทธ์ต่ำ โดยปกติ 150 - 200 รอบต่อนาที ดังนั้นเราต้องสร้างให้มีหลาย ๆ ขั้วแม่เหล็กตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 60 Hz ทำงานที่ 200 รอบต่อนาที ต้องการ 36 ขั้วแม่เหล็ก

(4) การกระตุ้นของโรเตอร์(Rotor)

ในทางปฏิบัติ แทนที่จะใช้แม่เหล็กถาวรหมุนสนามแม่เหล็กจะถูกสร้างโดยแม่เหล็กไฟฟ้าขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์(Rotor)แต่ละอันประกอบด้วยขดลวดที่มีไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านซึ่งจะสร้างสนาม แม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรง ถูกเรียกว่ากระแสกระตุ้น การเพิ่มค่าของกระแสกระตุ้นจะทำให้ความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และด้วยเหตุผลเดียวกันแรงดันที่สูงขึ้น จะถูกเหนี่ยวนำภายในขดลวด สเตเตอร์(Stator)เพิ่มขึ้นตาม

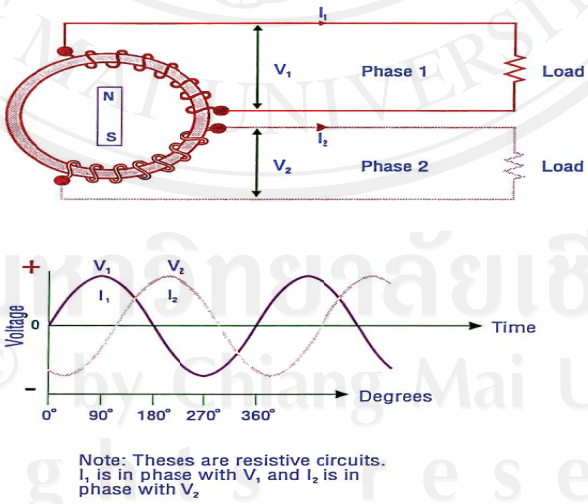
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.15 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

(5) ขดลวด 3 เฟส

ในรูป 2.15 ปลายทั้ง 2 ด้านของขดลวดสเตเตอร์ (Stator) จะถูกนำมาเป็นขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและถูกต่อเพื่อจ่ายพลังงานให้โหลดไฟฟ้าเฟสเดียว เพื่อที่จะใช้ประโยชน์ของแกนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเพิ่มขดลวดสเตเตอร์ (Stator)เข้าที่มุม 120° ทางไฟฟ้า จากขดลวดแรก (รูป 2.16)ไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกผลิตขึ้นในขดลวดนี้และมันก็สามารถต่อแล้วจ่ายภาระทางไฟฟ้าเฟสเดียวได้ด้วย

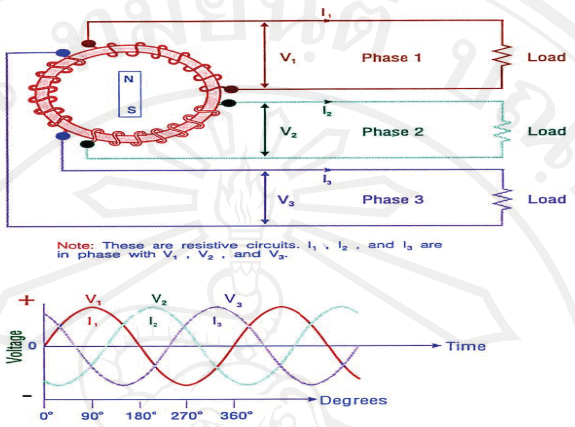


รูป 2.16 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 2 เฟส

แต่ในการเกิดคลื่น (จุดน้อยที่สุดและจุดมากที่สุด) จะเกิดในลักษณะที่มีความแตกต่างของเวลาใน 1 คาบเวลาในความเป็นจริงแรงดันในเฟสที่ 2 จะตามหลังเฟสแรกอยู่ 120° ทางไฟฟ้า นั่นคือเวลาจะตามอยู่ 55 มิลลิวินาที ในระบบ 60 Hz

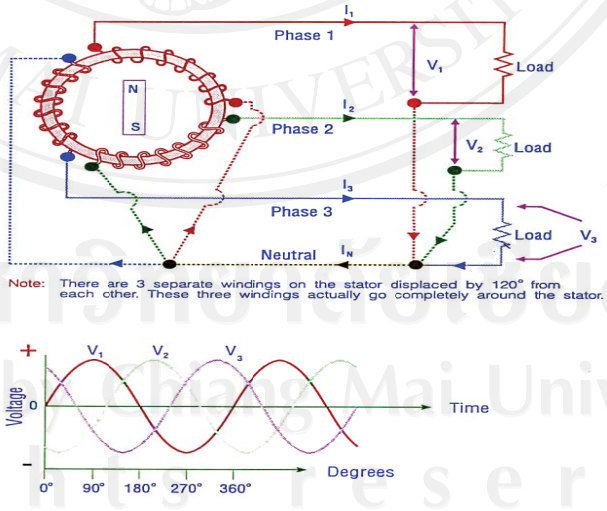
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในทำนองเดียวกันขดลวดสเตเตอร์(Stator) ขดที่3 สามารถติดตั้งที่120° ทางไฟฟ้า ที่เหลือนั้นคือ 240°ทางไฟฟ้า จากเฟสแรก (รูป 2.17) มันสามารถต่อเพื่อจ่ายให้แก่โหลดไฟฟ้าเฟสเดียว แรงดันที่ถูกสร้างขึ้นจะมีเฟสต่างจากเฟสแรก 240° ทางไฟฟ้า



รูป 2.17 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ประกอบด้วย ขดลวด 3 ขดที่ต่ออย่างอิสระต่อกับโหลด ทุกๆ เฟสจะใช้แกนเหล็กและสนามแม่เหล็กหมุนร่วมกัน โดยการต่อปลายด้านหนึ่งของแต่ละขดลวดสเตเตอร์ (Stator) เข้าที่จุด Neutral ร่วม เราจึงต้องการสายส่งเพียงเส้นเดียวในการนำกระแสสลับจากทั้ง 3 เฟส (รูป 2.18)

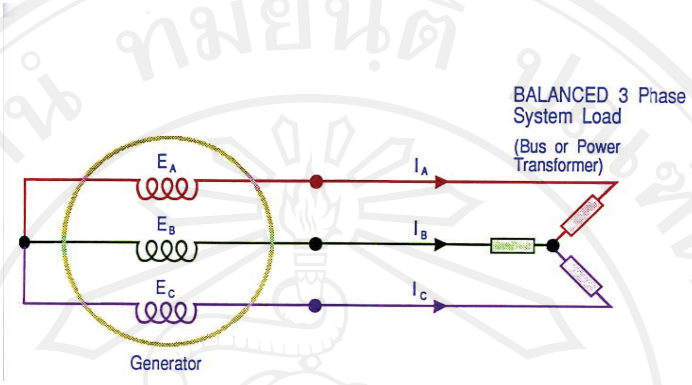


รูป 2.18 ใช้ลวดตัวนำของ Neutral ต่อโหลดแต่ละเฟส

เนื่องจากทั้ง 3 เฟส มีเฟสไม่ตรงกันเลย จึงมีแนวโน้มสำหรับทิศทางการไหลทางด้านบวกและ ลบเข้าไปใน Neutral เพื่อให้เกิดการหักล้างกันเองทางเฟส ถ้าโหลดทางไฟฟ้าของแต่ละ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เฟสมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ(A Balanced Load) กระแสไหลกลับภายใน Neutral ณ ที่เวลาใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ ในกรณีนี้ลวดตัวนำของ Neutral ไม่จำเป็นต้องใช้ก็ได้ (รูป 2.19)



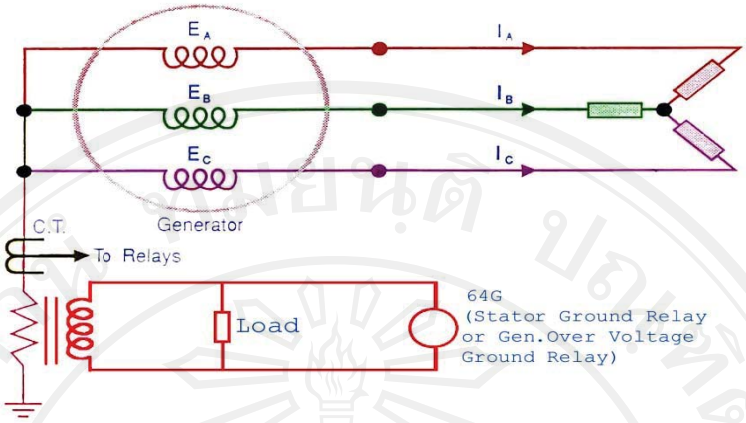
รูป 2.19 ไม่ต้องใช้ลวดตัวนำของ Neutral ในการทำให้โหลดแต่ละเฟสเหมือนกัน (โครงการศูนย์เชี่ยวชาญโรงไฟฟ้าพลังน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2546)

(6) การต่อ Neutral

การต่อจุดร่วมของขดลวดสเตเตอร์(Stator) เป็นที่รู้กันคือ จุด Neutral มักจะต่อกับสายดิน (รูป 2-20) กระแสจะไหลเข้าไปใน Neutral ซึ่งปกติแล้วจะวัดค่าทางไฟฟ้าต่อผ่าน CT (Current Transformer) ค่านี้ควรจะมีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อทำงานในสภาวะปกติ อย่างไรก็ตามถ้ามีข้อบกพร่องทางไฟฟ้า กระแสก็จะไหลอยู่ภายในผ่านจุด Neutral และส่งสัญญาณดัง และ อุปกรณ์ป้องกัน จะสั่งปลด Circuit Breaker ทันที

เพื่อที่จะจำกัดขนาดของกระแสผิดพร่องที่ไหลผ่านลวดตัวนำภายใต้เงื่อนไขเหล่านั้น ตัวต้านทานจะถูกต่อเข้ากับการต่อ Neutral Grounding Transformer (NGT) เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวด ปฐมภูมิ(Primary) ของ NGT ก็จะเหนี่ยวนำมายังขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) ของ NGT ไปยัง Load Resister เพื่อจำกัดขนาดกระแสผิดพร่อง และ (Stator Ground จะมองเห็นสั่งปลด Generator Breaker)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.20 จุดNeutralเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต่อลงสายดิน (โครงการศูนย์เชี่ยวชาญโรงไฟฟ้าพลังน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2546)

2.3 การจัดการความรู้ (Knowledge Management-KM)

การจัดการความรู้ หรือที่เรียกย่อๆ ว่า KM คือ เครื่องมือ เพื่อใช้ในการบรรลุเป้าหมายอย่างน้อย 3 ประการไปพร้อมๆ กัน ได้แก่ บรรลุเป้าหมายของงาน บรรลุเป้าหมายการพัฒนาคน และบรรลุเป้าหมายการพัฒนาองค์กรไปสู่การเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้

2.3.1 แรงจูงใจในการริเริ่มการจัดการความรู้

- แรงจูงใจแท้ต่อการดำเนินการจัดการความรู้ คือ เป้าหมายที่งาน คน และองค์กร เป็นเงื่อนไขสำคัญ ในระดับที่เป็นหัวใจสู่ความสำเร็จในการจัดการความรู้

- แรงจูงใจเทียมต่อการดำเนินการจัดการความรู้ในสังคมไทย มีมากมายหลายแบบ เป็นต้นเหตุที่นำไปสู่การทำการจัดการความรู้แบบเทียม และนำไปสู่ความล้มเหลวในที่สุด เช่น ทำเพราะถูกบังคับตามข้อกำหนด กล่าวคือ ทำเพียงเพื่อให้ได้ชื่อว่าทำ หรือทำเพื่อชื่อเสียง ทำให้ภาพลักษณ์ขององค์กรดูดี หรือมาจากความต้องการผลงานของหน่วยย่อยภายในองค์กร เช่น หน่วยพัฒนาบุคลากร (HRD) หน่วยสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) หรือหน่วยพัฒนาองค์กร (OD) ต้องการใช้การจัดการความรู้ในการสร้างความเด่น หรือสร้างผลงานของตน หรืออาจมาจากคนเพียงไม่กี่คนที่ชอบของเล่นใหม่ๆ ชอบกิจกรรมที่ดูทันสมัย เป็นแฟชั่น แต่ไม่เข้าใจความหมายและวิธีการดำเนินการจัดการความรู้อย่างแท้จริง

2.3.2 ประเภทความรู้ ความรู้อาจแบ่งใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท

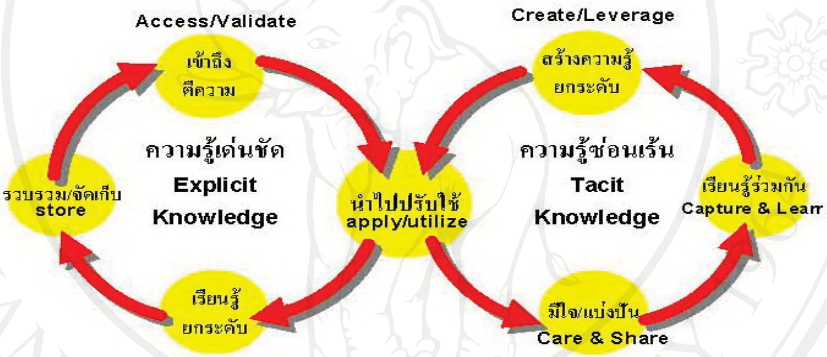
(1) ความรู้เด่นชัด (Explicit Knowledge) เป็นความรู้ที่อยู่ในรูปแบบที่เป็นเอกสาร หรือ วิชาการ อยู่ในตำรา คู่มือปฏิบัติงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) ความรู้ซ่อนเร้น (Tacit Knowledge) เป็นความรู้ที่แฝงอยู่ในตัวคน เป็นประสบการณ์ที่สั่งสมมายาวนาน เป็นภูมิปัญญา

โดยที่ความรู้ทั้ง 2 ประเภทนี้มีวิธีการจัดการที่แตกต่างกัน **การจัดการ "ความรู้เด่นชัด"** จะเน้นไปที่การเข้าถึงแหล่งความรู้ ตรวจสอบ และตีความได้ เมื่อนำไปใช้แล้วเกิดความรู้ใหม่ ก็นำมาสรุปไว้ เพื่อใช้อ้างอิง หรือให้ผู้อื่นเข้าถึงได้ต่อไป (ดูวงจรทางซ้ายในรูป2-21) ส่วน**การจัดการ "ความรู้ซ่อนเร้น"** นั้นจะเน้นไปที่การจัดเวทีเพื่อให้มีการแบ่งปันความรู้ที่อยู่ในตัวผู้ปฏิบัติ ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน อันนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ ที่แต่ละคนสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานได้ต่อไป (ดูวงจรทางขวาในรูป 2-21)

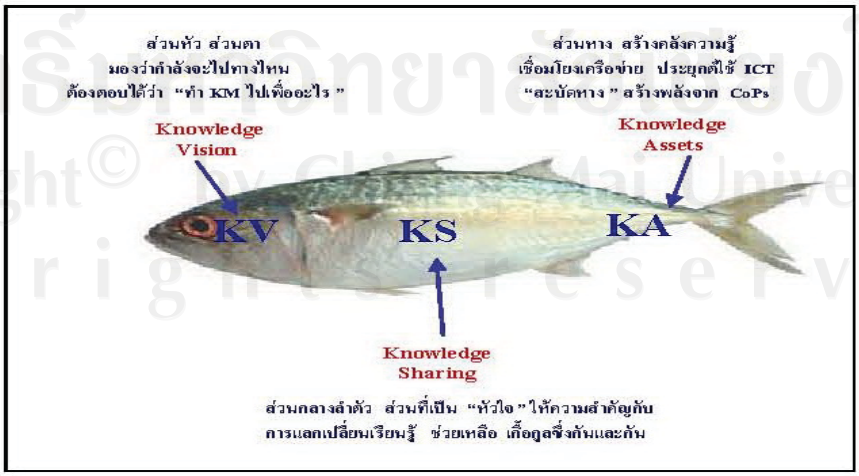
ในชีวิตจริง ความรู้ 2 ประเภทนี้จะเปลี่ยนสถานภาพ สลับปรับเปลี่ยนไปตลอดเวลา บางครั้ง Tacit ก็ออกมาเป็น Explicit และบางครั้ง Explicit ก็เปลี่ยนไปเป็น Tacit



รูป 2.21 ประเภทของความรู้ (วิจารณ์ พานิช: 2548)

<u>โมเดลปลาทู</u>

โมเดลปลาทู เป็นโมเดลอย่างง่าย ที่เปรียบการจัดการความรู้ เหมือนกับปลาทูหนึ่งตัวที่มี 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.22 คือ



รูป 2.22 โมเดลปลาทู (วิจารณ์ พานิช: 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ส่วน “หัวปลา” (Knowledge Vision- KV) หมายถึง ส่วนที่เป็นเป้าหมาย วิสัยทัศน์ หรือทิศทางของการจัดการความรู้ โดยก่อนที่จะทำจัดการความรู้ ต้องตอบให้ได้ว่า “เราจะทำ KM ไปเพื่ออะไร ?” โดย “หัวปลา” นี้จะต้องเป็นของ “คุณกิจ” หรือ ผู้ดำเนินกิจกรรม KM ทั้งหมด โดยมี “คุณเอื้อ” และ “คุณอำนวย” คอยช่วยเหลือ

- ส่วน “ตัวปลา” (Knowledge Sharing-KS) เป็นส่วนของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญ ซึ่ง “คุณอำนวย” จะมีบทบาทมากในการช่วยกระตุ้นให้ “คุณกิจ” มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความรู้ โดยเฉพาะความรู้ซ่อนเร้นที่มีอยู่ในตัว “คุณกิจ” พร้อมอำนวยให้เกิดบรรยากาศในการเรียนรู้แบบเป็นทีม ให้เกิดการหมุนเวียนความรู้ ยกระดับความรู้ และเกิดนวัตกรรม

- ส่วน “หางปลา” (Knowledge Assets-KA) เป็นส่วนของ “คลังความรู้” หรือ “ขุมความรู้” ที่ได้จากการเก็บสะสม “เกร็ดความรู้” ที่ได้จากกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ “ตัวปลา” ซึ่งเราอาจเก็บส่วนของ “หางปลา” นี้ ซึ่งเป็นการสกัดความรู้ที่ซ่อนเร้นให้เป็นความรู้ที่เด่นชัด นำไปเผยแพร่และแลกเปลี่ยนหมุนเวียนใช้ พร้อมยกระดับต่อไป

2.3.3 คนสำคัญที่ดำเนินการจัดการความรู้

(1) ผู้บริหารสูงสุด (CEO) จัดได้ว่า “โชคดีที่สุด” สำหรับวงการจัดการความรู้ ถ้าผู้บริหารสูงสุดเป็นแชมเปี้ยน (เห็นคุณค่า และดำเนินการผลักดัน KM) เรื่องที่ว่ายากทั้งหลายก็ง่ายขึ้น ผู้บริหารสูงสุดควรเป็นผู้ริเริ่มกิจกรรมจัดการความรู้ โดยกำหนดตัวบุคคลที่จะทำหน้าที่ “คุณเอื้อ (ระบบ)” ของ KM ซึ่งควรเป็นผู้บริหารระดับสูง

(2) คุณเอื้อ (Chief Knowledge Officer-CKO) ถ้าการริเริ่มมาจากผู้บริหารสูงสุด “คุณเอื้อ” ก็สบายไปเปลาะหนึ่ง แต่ถ้าการริเริ่มที่แท้จริงไม่ได้มาจากผู้บริหารสูงสุด บทบาทแรกของ “คุณเอื้อ” ก็คือ เอาหัวปลาไปขายผู้บริหารสูงสุด ให้ผู้บริหารสูงสุดกลายเป็นเจ้าของ “หัวปลา” ให้ได้ บทบาทต่อไปของ “คุณเอื้อ” คือ การหา “คุณอำนวย” และร่วมกับ “คุณอำนวย” จัดให้มีการกำหนด “เป้าหมาย/ หัวปลา” ในระดับย่อยๆ ของ “คุณกิจ/ ผู้ปฏิบัติงาน”, คอยเชื่อมโยง “หัวปลา” เข้ากับ วิสัยทัศน์ พันธกิจ เป้าหมาย และยุทธศาสตร์ ขององค์กร, จัดบรรยากาศแนวราบ และการบริหารงานแบบเอื้ออำนาจ (empowerment), ร่วม share ทักษะในการเรียนรู้ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อประโยชน์ในการดำเนินการจัดการความรู้โดยตรง และเพื่อแสดงให้ “คุณกิจ” เห็นคุณค่าของทักษะดังกล่าว, จัดสรรทรัพยากรสำหรับใช้ในกิจกรรมจัดการความรู้ พร้อมคอยเชื่อมโยงการจัดการความรู้เข้ากับกิจกรรมสร้างสรรค์อื่นๆ ทั้งภายในและนอกองค์กร, ติดตามความเคลื่อนไหวของการดำเนินการ ให้คำแนะนำบางเรื่อง และแสดงท่าที ชื่นชมในความสำเร็จ อาจจัดให้มีการยกย่องในผลสำเร็จและให้รางวัลที่อาจไม่เน้นสิ่งของ แต่เน้นการสร้างความภาคภูมิใจในความสำเร็จ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) คุณอำนวย (Knowledge Facilitator-KF) เป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกในการจัดการความรู้ ความสำคัญของ “คุณอำนวย” อยู่ที่การเป็นนักจุดประกายความคิด และการเป็นนักเชื่อมโยง โดยต้องเชื่อมโยงระหว่างผู้ปฏิบัติ (“คุณกิจ”) กับผู้บริหาร (“คุณเอื้อ”), เชื่อมโยงระหว่าง “คุณกิจ” ต่างกลุ่มภายในองค์กร และเชื่อมโยง การจัดการความรู้ภายในองค์กรกับภายนอกองค์กร โดยหน้าที่ที่ “คุณอำนวย” ควรทำ คือ ร่วมกับ “คุณเอื้อ” จัดให้มีการกำหนด “หัวปลา” ของ “คุณกิจ” อาจจัด “มหกรรม หัวปลา” เพื่อสร้างความเป็นเจ้าของ “หัวปลา” จัดตลาดนัดความรู้ เพื่อให้ “คุณกิจ” นำความสำเร็จมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ถอดความรู้ออกมาจากวิธีทำงานที่นำไปสู่ความสำเร็จนั้น เพื่อการบรรลุ “หัวปลา” จัดการดูงาน หรือกิจกรรม “เชิญเพื่อนมาช่วย” (Peer Assist) เพื่อให้บรรลุ “หัวปลา” ได้ง่าย หรือเร็วขึ้น โดยที่ผู้นั้นจะอยู่ภายในหรือนอกองค์กรก็ได้ เรียนรู้วิธีทำงานจากเขา เชิญเขามาเล่า หรือสาธิต จัดพื้นที่เสมือนสำหรับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสำหรับเก็บรวบรวม ขุมความรู้ที่ได้ เช่น ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ ซึ่งรวมทั้งเว็บไซต์ เว็บบอร์ด เว็บเชื่อมโยงการดำเนินการจัดการความรู้ขององค์กร กับกิจกรรมจัดการความรู้ภายนอก เพื่อสร้างความคึกคัก และเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับภายนอก บล็อก อินทราเน็ต จดหมายข่าว เป็นต้น ส่งเสริมให้เกิด ชุมชนแนวปฏิบัติ (COP – Community of Practice) ในเรื่องที่เป็นความรู้ หรือเป็นหัวใจในการบรรลุเป้าหมายหลักขององค์กร

(4) คุณกิจ (Knowledge Practitioner-a KP) “คุณกิจ” หรือผู้ปฏิบัติงาน เป็นพระเอกหรือนางเอกตัวจริงของการจัดการความรู้ เพราะเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมจัดการความรู้ประมาณร้อยละ 90-95 ของทั้งหมด “คุณกิจ” เป็นเจ้าของ “หัวปลา” โดยแท้จริง และเป็นผู้ที่มีความรู้ (Explicit Knowledge & Tacit Knowledge) และเป็นผู้ที่ต้องมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ใช้ หา สร้าง แปลง ความรู้เพื่อการปฏิบัติให้บรรลุถึง “เป้าหมาย/ หัวปลา" ที่ตั้งไว้

(5) คุณประสาน (Network Manager) เป็นผู้ที่คอยประสานเชื่อมโยงเครือข่ายการจัดการความรู้ระหว่างหน่วยงาน ให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในวงที่กว้างขึ้น เกิดพลังร่วมมือทางเครือข่ายในการเรียนรู้และยกระดับความรู้แบบทวีคูณ

2.3.4 องค์ประกอบของการดำเนินการจัดการความรู้

คือให้มุ่งเน้นที่เครื่องมือจัดการความรู้เพียง 2-3 อย่าง ทำจนชำนาญและทำอย่างเรียบง่ายอย่าพยายามสร้างวิธีการหรือใช้เครื่องมือที่หรูหราโอ่อ่า และให้มุ่งจัดการความรู้ที่ 2-3 ประเด็นที่มีความสำคัญต่อองค์กร และสามารถพิสูจน์คุณค่าของการดำเนินการจัดการความรู้ได้ การดำเนินการจัดการความรู้มีองค์ประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

(1) สร้างวิสัยทัศน์เกี่ยวกับความรู้

(2) สร้างทีมจัดการความรู้ขององค์กร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) เริ่มจาก ทุนปัญญา ที่มีอยู่แล้ว หรือหาจากภายนอกได้โดยง่าย

(4) สร้างบรรยายอากาศของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างเข้มข้นในกลุ่มพนักงานระดับล่าง

(5) จัดการความรู้ควบไปกับกิจกรรมพัฒนาสินค้าหรือรูปแบบการทำงานใหม่ๆ

(6) เน้นการจัดการองค์กรแบบ “ใช้พนักงานระดับกลางเป็นพลังขับเปลี่ยน”

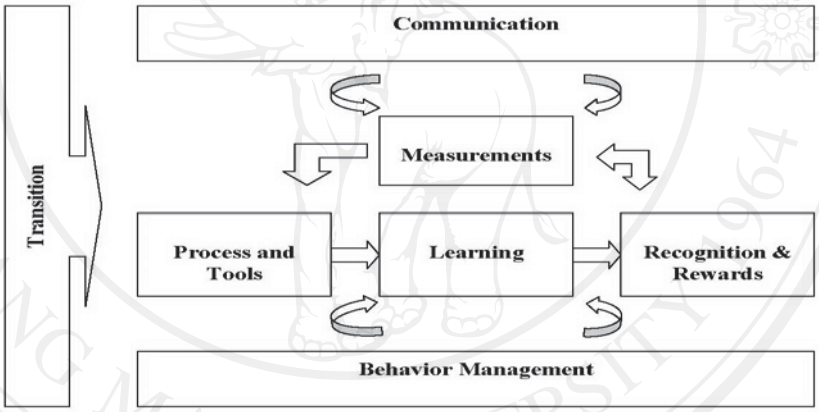
(7) สร้างเครือข่ายความรู้กับโลกภายนอก

(8) สร้างวัฒนธรรมแนวราบ การสื่อสารอย่างอิสระทุกทิศทาง

(9) สร้างวัฒนธรรมการจดบันทึก

(10) ประเมินผลการดำเนินการจัดการความรู้

2.3.5 กระบวนการจัดการความรู้ ได้แสดงดังรูปที่ 2.23



รูป 2.23 แบบจำลองระบบการจัดการความรู้ (สุวรรณ เหรียญเสาวภาคย์ และคณะ, 2549)

(1) เริ่มจากการมีคณะทำงานจัดการความรู้ (Knowledge Management Team) และการที่ผู้บริหารตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการความรู้และมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ

(2) การปรับพฤติกรรมของพนักงาน (Behavior Management) เริ่มโดยการประเมินพฤติกรรมของพนักงานในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- Knowledge identification การจัดการความรู้จะประสบความสำเร็จได้ต้องมั่นใจว่าระบุความรู้ทั้งหมดที่มีทั้งภายในและภายนอกองค์กร รวมทั้งได้ช่วยให้พนักงานสามารถหาว่าความรู้ที่ต้องการมีอยู่ที่ใด

- Knowledge development and acquisition การพัฒนาความรู้ คือการต่อยอดความรู้ที่มี ซึ่งเป็นผลมาจากการนำความรู้ที่ได้มาใช้ มุ่งเน้นที่การสร้างทักษะใหม่ ผลิตภัณฑ์ใหม่ ความคิดสร้างสรรค์ และกระบวนการทำงานที่ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- Knowledge sharing and distribution การแลกเปลี่ยนและกระจายความรู้เป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นการนำความรู้ที่มีอยู่กระจัดกระจายในส่วนต่าง ๆ ของบริษัทมาทำให้เป็นสิ่งที่ทุกคนสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ และขั้นตอนที่สำคัญที่สุด คือ การวิเคราะห์และเผยแผ่ความรู้จากคนๆหนึ่งไปยังคนอื่นๆ

- Knowledge utilization เริ่มต้นที่การทำให้มั่นใจว่าทักษะความรู้ที่เลือกมาเป็นโครงการนำร่องมีผู้นำไปใช้ เพราะสิ่งสำคัญของการจัดการความรู้คือ ต้องมั่นใจว่าความรู้ทั้งหมดในบริษัทได้รับการนำไปประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพก่อให้เกิดประโยชน์ต่อบริษัท

- Knowledge retention ความรู้ที่เกิดขึ้นไม่ได้คงอยู่อย่างนั้นตลอดไปจึงต้องมีการบริหารจัดการและการจัดเก็บความรู้ โดยนำเครื่องมือที่มีในบริษัทมาใช้

(3) การสื่อสารเกิดขึ้นควบคู่ไปกับการดำเนินโครงการแบ่งวัตถุประสงค์หลัก เป็น 2 ข้อ คือ

- ให้พนักงานตระหนักถึงการจัดการความรู้ของบริษัท
- การเสริมสร้างพฤติกรรมการเรียนรู้ ช่องทางการสื่อสาร ได้แก่ นิตยสาร Dialog ทุกไตรมาส , การประชุมประจำไตรมาส , การประชุม on/off site ในระดับผู้จัดการทั่วไป , การประชุมผู้บริหาร และแจ้งการสรุปผลการประชุม , วิทยุกระจายเสียงในบริษัท E-mail , งานสัปดาห์การจัดการความรู้ (KM Week) , Webpage

(4) บริษัทพัฒนาโปรแกรม Knowledge Portal มาใช้ในการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศประสบการณ์และความรู้ในการทำงานต่าง ๆ เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ เครื่องมือนี้ช่วยเพิ่มสมรรถภาพและความเข้าใจในการแลกเปลี่ยนความรู้ของพนักงานให้เพิ่มมากขึ้น เป็นเครื่องมือที่นำคน ข้อมูลสารสนเทศ และประสบการณ์เข้าไว้ด้วยกัน เมื่อจัดหมวดหมู่และแยกประเภทความรู้ตามเนื้อหาแล้ว พนักงานก็จะสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย เครื่องมือนี้จัดทำอยู่บนเว็บ (Web-based Environments) เพื่อให้การแลกเปลี่ยนความรู้เกิดขึ้นโดยสะดวกและมีประสิทธิภาพ Knowledge Portal ประกอบด้วย

- องค์ความรู้ หรือ สินทรัพย์ความรู้
- รายชื่อผู้ชำนาญงาน
- ปฏิทินกรรมการจัดการความรู้ของบริษัท
- เว็บบอร์ด
- เครื่องมือในการค้นหา
- การเชื่อมต่อกับเว็บอื่นๆ ทั้งระดับองค์กร ภูมิภาค และทั่วโลก

ส่วนที่เพิ่มจาก Knowledge Portal มี 2 ส่วน คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- E-Library ซึ่งเป็นการเชื่อมเข้ากับ E-Library
- Web Page พนักงาสามารถขอยืมหนังสือ บทความ เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ผ่านโปรแกรม Inter-library
- Net meeting ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสื่อสารแบบเห็นหน้าผ่านอินเทอร์เน็ต และยังสามารถใช้ในการเรียนและอบรมทางไกลได้ด้วย

(5) การเรียนรู้ของพนักงานเป็นจุดแข็งของบริษัท บริษัทมีโปรแกรมมากมายในการพัฒนาบุคลากรและเสริมสร้างให้เกิดการเรียนรู้ พนักงานทุกคนต้องมีแผนการฝึกอบรมและ Training Roadmap ต้องมีการบันทึก การฝึกอบรมรายบุคคล รวมทุ้งบริษัทยังสนับสนุนให้พนักงานทุกคนเรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยจัดห้องโสตทัศนูปกรณ์ ห้องฝึกอบรมด้วยคอมพิวเตอร์ และมีทุนการศึกษาให้พนักงานในหลายระดับ นอกจากนี้นโยบาย Trainer and Mentor เป็นแนวทางในการแสดงความชื่นชม และส่งเสริมพนักงานที่จัดทำหลักสูตรที่เป็นประโยชน์ เช่น โปรแกรมฝึกอบรมนักศึกษาฝึกงาน โปรแกรมพัฒนาทักษะด้านเทคนิค การฝึกอบรมข้ามสายงาน เป็นต้น

(6) จัดให้มีการแลกเปลี่ยนทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทั้งในการแลกเปลี่ยนความรู้ด้านเทคนิคการแลกเปลี่ยนระดับพนักงาน

(7) การวัดผลแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ การวัดด้านระบบ (System Performance Phase) เพื่อใช้วัดประสิทธิภาพของโปรแกรม Knowledge Portal และพฤติกรรมขององค์กร System Performance ตัวชี้วัดที่ใช้ ได้แก่

- สถิติการเข้าชมหรือ Hit rate ของหน้าแรก ระยะเวลาในการวัดผลเป็นแบบสัปดาห์ เดือน และไตรมาส
- จำนวนผู้เข้าชม บันทึกโดย IP Counting ระยะเวลาในการวัดผลเป็นแบบสัปดาห์ เดือน และไตรมาส
- จำนวนความเห็นบนเว็บบอร์ด ระยะเวลาในการวัดผลเป็นแบบสัปดาห์ เดือน และไตรมาส
- จำนวนความรู้ บทความบน Knowledge Portal ระยะเวลาในการวัดผลเป็นแบบสัปดาห์ เดือน และไตรมาส
- จำนวนผู้เข้าชมในเนื้อหาความรู้ต่างๆ ระยะเวลาในการวัดผลเป็นแบบสัปดาห์ เดือน และไตรมาส

การวัดผลลัพธ์ของระบบ (Output Performance Phase) การจัดการความรู้ และการแลกเปลี่ยนความรู้ที่เกิดขึ้น จะต้องส่งผลในทางบวกต่อสมรรถภาพด้านเทคนิค ตัวชี้วัดคือ การวัดการกระตุ้นการเรียนรู้ของพนักงานโดยเฉพาะกลุ่มพนักงานด้านเทคนิค ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- จำนวนสมาชิกที่เป็นเจ้าหน้าที่ด้านเทคนิค (MTS) และเจ้าหน้าที่ด้านวิศวกร
- จำนวนสิทธิบัตร
- จำนวนบทความ
- จำนวนงานที่นำเสนอ
- จำนวนโครงการ TCPI2
- จำนวนโครงการที่ปราศจากความผิดพลาด (Error free projects)
- จำนวนผู้เชี่ยวชาญและผู้ฝึกในแต่ละด้าน

ผลลัพธ์สุดท้ายของระบบ (Outcome Performance Phase) สุดท้ายการจัดการความรู้และการแลกเปลี่ยน ความรู้ที่เกิดขึ้นจะต้องส่งผลต่อการดำเนินงานของบริษัท ซึ่งจะเป็นการวัดผลในด้านทางการเงิน (Return on Knowledge: ROK) ซึ่งบริษัทยังไม่ได้มุ่งเน้นไปที่ผลลัพธ์สุดท้ายของระบบในขณะนี้

การให้รางวัลและการยกย่องเป็นส่วนที่กระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้บริษัทได้จัดระบบการให้รางวัลและการแสดงความชื่นชมพนักงานในหลายรูปแบบ เช่น Best team award, Best performer award, Knowledge sharing recognition, Trainer and Mentor award, etc.

2.4 การออกแบบการทดลอง

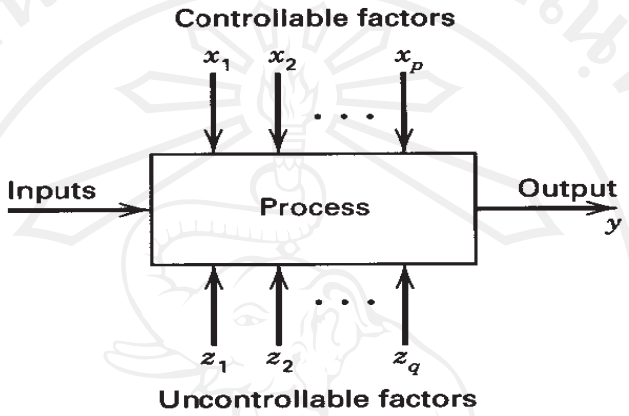
การทดลอง คือ ชุดของการทดสอบสิ่งที่เราต้องการศึกษา กล่าวคือ การที่ตั้งใจเปลี่ยนแปลงปัจจัยนำเข้าจะมีผลต่อผลตอบที่เราสนใจอย่างไร

2.4.1 การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการออกแบบการทดลองแบบ ลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One-Factor-at –a-Time) เช่น ถ้าเราสงสัยว่าเราควรที่จะต้องปรับตั้งค่าของอุณหภูมิในการอบชิ้นงาน เวลาที่ใช้ในการอบ และส่วนผสมของชิ้นงานเท่าไรดีจึงจึงจะทำให้ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพสูงสุดไม่เป็นของเสีย ดังนั้นแนวทางที่เรามักใช้กันทั่วไป คือ การทดลองปรับตั้งในส่วนของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบก่อน (ในขณะที่คงค่าของเวลาที่ใช้ในในการอบกับอัตราส่วนผสมไว้) เมื่อทดลองจนได้ค่าของอุณหภูมิที่เราต้องการแล้วจึงค่อยไปปรับตั้งเรื่องของเวลา (ในขณะที่คงที่ค่าของอุณหภูมิกับอัตราส่วนในการผสมไว้) จากนั้นสุดท้ายจึงไปทำการปรับตั้งเรื่องของอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (โดยการคงที่ค่าของอุณหภูมิกับเวลาไว้) และเราอาจทำซ้ำวงจรนี้ไปเรื่อยๆเพื่อที่จะหาจุดที่ดีที่สุดของกระบวนการซึ่งลักษณะนี้เรียกว่าการทดลองแบบ One-Factor-at –a-Time นั้นเอง โดยทั่วไปแล้วการออกแบบการทดลองแบบ One-Factor-at –a-Time จะให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่เราต้องการช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมากและยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของอันตรกิริยา (Interaction Effect)ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

ตามปกติแล้วการทดลองถูกนำมาใช้เพื่อการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ ซึ่งทั้งกระบวนการและระบบ สามารถที่แทนด้วยแบบจำลอง ตามรูป 2.24



รูป 2.24 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการ (ที่มา: Montgomery, 2005)

กระบวนการคือ การรวมเอาคนงาน เครื่องจักร วิธีการ และทรัพยากรอื่นๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนปัจจัยนำเข้า (เช่น วัตถุดิบ) ไปสู่ปัจจัยนำออกที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่าซึ่งเราสามารถเห็นได้ ตัวแปรกระบวนการบางชนิด $x_1, x_2, ..., x_p$ เป็นตัวแปรที่เราสามารถควบคุมได้ ในขณะที่ตัวแปรบางตัว $z_1, z_2, ..., z_p$ เป็นตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองอาจเกี่ยวข้องกับ

(1) การหาปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อผลตอบ y

(2) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ค่า y ได้ตามค่าที่ต้องการ

(3) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ค่า y น้อยที่สุด

(4) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ $z_1, z_2, ..., z_p$ มีผลกระทบน้อยที่สุด

โดยจุดประสงค์ของการออกแบบการทดลองเพื่อ

(1) บ่งชี้ว่าปัจจัยใด (X) มีผลกระทบต่อผลตอบในกระบวนการ (Y)

(2) สร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง ผลตอบ และปัจจัยที่ศึกษา โดยรวมเฉพาะปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ

หลักการพื้นฐานที่สำคัญของการออกแบบการทดลองประกอบด้วยหลัก 3 ประการ เพื่อช่วยให้ผลการทดลองมีความถูกต้อง เที่ยงตรงและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) การทดลองซ้ำ (Replication) คือการทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกันมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองเพิ่มมากขึ้น และยิ่งทำการทดลองเพิ่มมากขึ้นเท่าใด ก็จะได้ข้อมูลจากการทดลองเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองและเพิ่มความเที่ยงตรง แม่นยำของข้อมูลมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์ และผลการสรุปจากการทดลอง มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยการทดลองซ้ำมีประโยชน์คือช่วยให้ผู้ทดลองสามารถประมาณค่าความผิดพลาดในการทดลองได้ ซึ่งใช้สำหรับเปรียบเทียบกับผลของปัจจัยที่สนใจศึกษาได้

(2) การสุ่ม (Randomization) คือการจัดลำดับในการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม โดยการสุ่มสามารถช่วยลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งการสุ่มจะช่วยกระจายความผิดพลาดในการทดลองที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ไปสู่ทุก ๆ การทดลองด้วยโอกาส และขนาดเท่า ๆ กัน เพื่อให้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลเกิดขึ้นน้อยที่สุด

(3) การควบคุม (Blocking หรือ Control) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง แม่นยำ (Precision) ในการทดลอง โดยป้องกันการรบกวนจากปัจจัยภายนอก (Noise , Nuisance , Factors) และลดความผิดพลาดในการทดลอง โดยบล็อกเดียวกันหมายถึงการควบคุมสภาพในการทดลองให้มีสภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่นวัสดุที่ใช้ทดลองควรมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน ผู้ทดลองคนเดียวกัน วิธีการทดลองเดียวกัน ในช่วงเวลาทดลองใกล้เคียงกัน โดยเปลี่ยนแปลงเฉพาะเงื่อนไขของปัจจัยที่สนใจศึกษาเท่านั้น

2.4.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Experiment of Factorial Design)

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k กรณีที่มี k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ โดยแต่ละระดับอาจเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดันหรือเวลา เป็นต้น หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร หรือคนงาน เป็นต้น และใน 2 ระดับนี้จะแทนด้วยระดับ “ สูง ” และ “ ต่ำ ” ของแต่ละปัจจัย สำหรับออกแบบการทดลองแบบนี้ จะประกอบด้วยข้อมูล $2 \times 2 \times 2 \times 2 \ldots\ldots \times 2 = 2^k$ ข้อมูล ดังนั้นจึงเรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่าการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ซึ่งการออกแบบชนิดนี้มีประโยชน์มากต่อการทดลองในช่วงแรก เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุด ที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างงสมบูรณ์โดยใช้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล เพื่อกรองปัจจัยที่มีอยู่เป็นจำนวนมากให้เหลือน้อยลง เนื่องจากแต่ละปัจจัยของการออกแบบการทดลองแบบ 2^k ประกอบด้วย 2 ระดับ

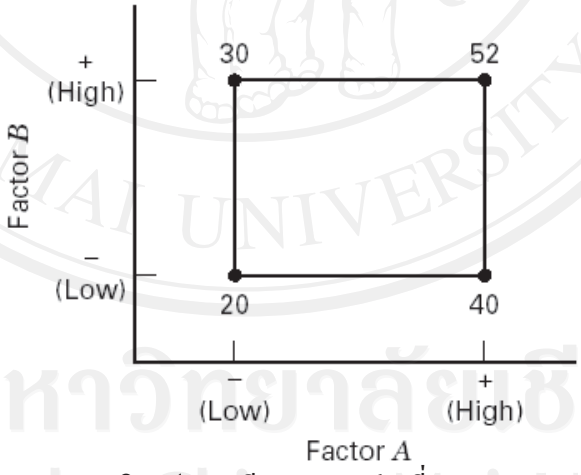
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.3 การออกแบบชนิด 2^2 Factorial Design

การออกแบบที่ง่ายที่สุดของ 2^k คือที่มีปัจจัยเพียง 2 ปัจจัยสมมุติเป็น A และ B โดยในแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ จึงเรียกว่า 2^2 Factorial Design

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k แสดงตามรูป 2.6 ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขการทดลองทั้งหมด (Treatment Combination) ของปัจจัยเท่ากับ 4 โดยกำหนดให้ผลของปัจจัยเป็นอักษรตัวใหญ่ คือ A อ้างอิงถึงผลของปัจจัย A, B คือผลของปัจจัยผลของปัจจัย B ส่วน AB คือผลของอันตรกิริยาระหว่าง A และ B ในการออกแบบการทดลองแบบชนิด ผลของปัจจัย 2^2 ระดับต่ำและสูง A และ B จะกำหนดเป็นเครื่องหมาย – และ + บนแกน A และแกน B ดังนั้น – บนแกน A แสดงถึงระดับต่ำ และ + แสดงถึงระดับสูงในทำนองเดียวกัน – บนแกน B แสดงถึงระดับต่ำ และ + แสดงถึงระดับสูง

เงื่อนไขการทดลองทั้งหมด (Treatment Combination) ทั้ง 4 ปกติจะแสดงโดยใช้อักษรตัวเล็กและที่ระดับต่ำของปัจจัยที่จุดในการออกแบบจะไม่มีอักษรแสดง ดังนั้น a ตามรูป 2-25 แสดงถึง คอมบิเนชั่นของ A ที่ระดับสูง และ B ที่ระดับต่ำ, ส่วน b แสดงถึง A ที่ระดับต่ำและ B ที่ระดับสูง ส่วน ab แสดงถึงปัจจัยทั้งสองที่ระดับสูง โดยปกติ (1) หมายถึง Run ของทั้งสองปัจจัยที่ระดับต่ำโดยการกำหนดลักษณะนี้ใช้เป็นหลักในการออกแบบ 2^k ทั้งหมด



รูป 2.25 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k (ที่มา : Montgomery, 2005)

การกำหนดค่าเฉลี่ยของปัจจัยจะทำให้ผลตอบเปลี่ยนแปลงโดยการเปลี่ยนในระดับของปัจจัยที่ถูกเฉลี่ยกับปัจจัยอื่นๆ สัญลักษณ์ตามรูป 2 คือ (1),a, b และ ab แสดงถึงผลรวมทั้งหมดของ n ซ้ำ ที่กระทำที่จุดต่างๆของการออกแบบ ดังนั้นผลของ A สามารถหาได้จากความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของผลตอบของจุดสองในด้านขวามือของสี่เหลี่ยมจัตุรัส (เรียกว่าค่าเฉลี่ย$\overline{Y}_{A^+}$ เพราะว่าเป็นค่าเฉลี่ยผลตอบที่จุด A อยู่ในระดับสูง) และสองจุดที่อยู่ทางซ้าย (หรือ $\overline{Y}_{A^-}$) ดังสมการ (1) นั้นคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$A = \overline{Y}_{A^+} - \overline{Y}_{A^-}$$
$$= \frac{ab+a}{2n} - \frac{b+(1)}{2n}$$
$$= \frac{1}{2n}[ab+a-b-(1)] \quad (1)$$

ส่วนผลของปัจจัย B หาได้จากความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลตอบที่สองจุดบนด้านบนของสี่เหลี่ยม ($\overline{Y}_{B^+}$) และค่าเฉลี่ยของผลตอบของจุดสองจุดที่ด้านล่างของสี่เหลี่ยม ($\overline{Y}_{B^-}$) ดังสมการ (2) หรือ

$$B = \overline{Y}_{B^+} - \overline{Y}_{B^-}$$
$$= \frac{ab+a}{2n} - \frac{a+(1)}{2n}$$
$$= \frac{1}{2n}[ab-a+b-(1)] \quad (2)$$

สุดท้ายหาผลของอันตรกิริยา AB คือค่าเฉลี่ยของผลตอบบนจุดทะแยงมุมขวาและซ้ายของสี่เหลี่ยม [ab และ (1)] ลบด้วยค่าเฉลี่ยของผลตอบจุดทแยงมุมจากซ้ายไปขวา (a และ b) ดังสมการ (3) หรือ

$$AB = \frac{ab+(1)}{2n} - \frac{a+b}{2n}$$
$$= \frac{1}{2n}[ab-a-b+(1)] \quad (3)$$

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k สามารถตรวจสอบทั้งขนาดและทิศทางของผลลัพธ์ของปัจจัยที่ต้องการทราบ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

พิจารณา Sum of Squares ของ A, B และ AB จากสมการ () จะได้ Contrast ที่ใช้ในการประมาณค่า A นั้นดังสมการ (4) คือ

$$Contrast_A = ab+a-b-(1) \quad (4)$$

โดยปกติจะเรียกว่า Contrast นี้ว่าผลลัพธ์รวมของ A และจากสมการ และ จึงได้ Contrast ที่ใช้ในการประมาณค่า B และ AB โดยทั้ง 3 Contrast นี้เรียกว่า Orthogonal ซึ่งค่า Sum of Squares ใดๆ จะเท่ากับ Contrast ยกกำลังสองหารด้วยจำนวนของค่าสังเกตในแต่ละจำนวนครั้งของ Contrast ดังสมการ (5 , 6 , 7) จะได้ว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$SS_A = \frac{[ab + a - b - (a1]^2}{4n} \quad (5)$$

$$SS_B = \frac{[ab - a + b - (1)]^2}{4n} \quad (6)$$

$$SS_{AB} = \frac{[ab - a - b + (1)]^2}{4n} \quad (7)$$

และสามารถที่หาผลรวมของ Sum of Squares ได้ดังสมการ (2 ,8) นี้

$$SS_T = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{2} Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{4n} \quad (8)$$

โดยทั่วไป SS_T และ SS_{Error} จะมี Degrees of Freedom เท่ากับ 4n-1 และ 4(n-1) ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการ (9) นี้

$$SS_{Error} = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \quad (9)$$

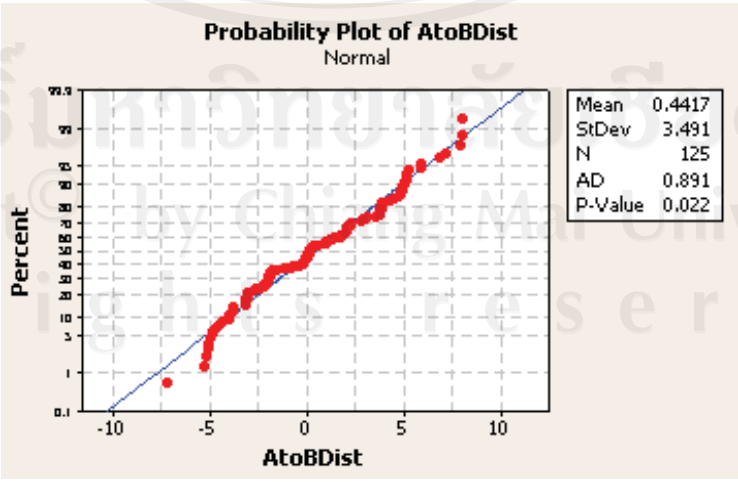
การวิเคราะห์ส่วนตกค้างเพื่อที่ตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Residual Analysis for Model Adequacy)

เมื่อเราทดลองแทนค่าตัวแปรลงไปในแบบจำลองที่ได้จากเทคนิคการออกแบบการทดลองเพื่อทำนายผลตอบนั้น สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์ (y_i) ค่าจริง ($\hat{y}_i$) และส่วนตกค้าง (e_{ij}) ได้ดังสมการ (10) นี้

$$e_{ij} = y_{ij} - \hat{y}_i \quad (10)$$

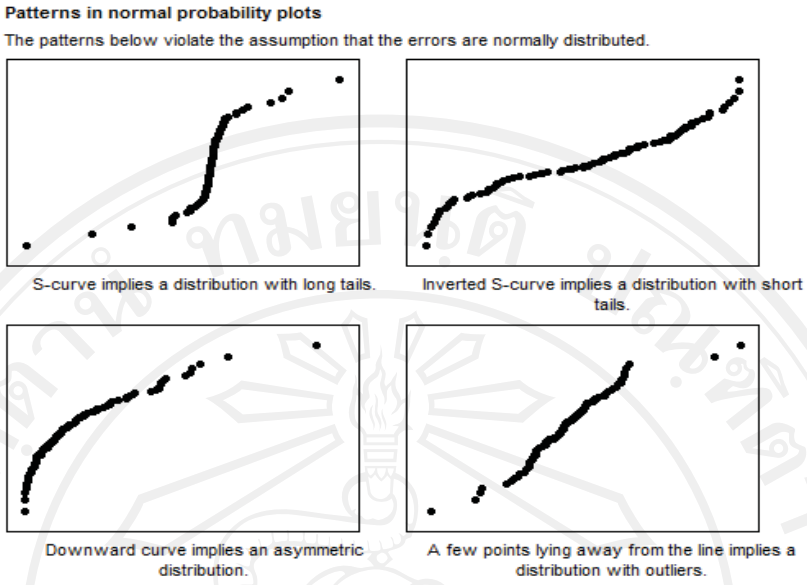
โดยแบบจำลองดังกล่าวต้องตั้งอยู่บนสมมุติฐานหลัก 3 ประการดังนี้

(1) ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติและค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (Normality Assumption) ดังรูป 2.26 แสดงตัวอย่างการกระจายตัวของข้อมูลส่วนตกค้างที่มีการกระจายตัวแบบปกติ



รูป 2.26 การพล๊อตกราฟของการกระจายตัวแบบปกติของส่วนตกค้าง (ที่มา:คู่มือMinitab Version15)

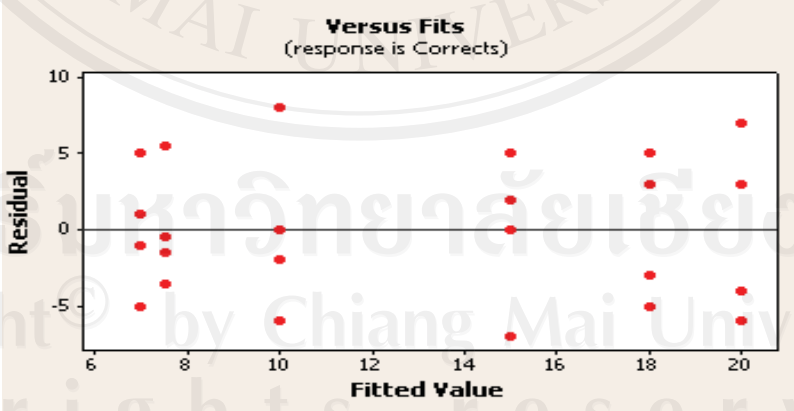
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.27 รูปแบบการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (ที่มา : คู่มือ Minitab Version 15)

การกระจายตัวของส่วนตกค้างที่ผิดปกติเกิดจากหลายสาเหตุดังรูป 2.27

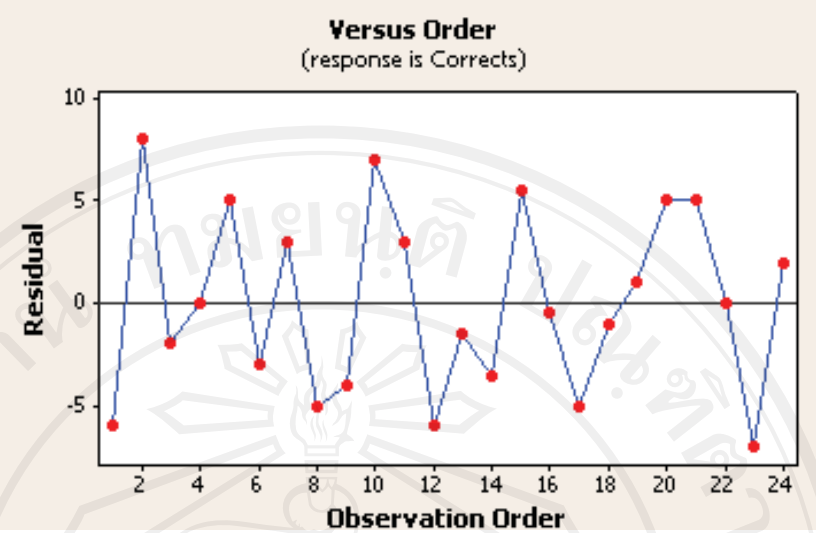
(1) ส่วนตกค้างมีความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance Assumption) ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับของปัจจัยหรือขึ้นอยู่กับค่าพยากรณ์ของผลตอบ ดังรูป 2.28 แสดงตัวอย่างการแจกแจงของข้อมูลส่วนตกค้างกับค่าพยากรณ์ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลอิสระ มีโครงสร้างไม่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานข้อนี้



รูป 2.28 การพล็อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าพยากรณ์ (ที่มา : คู่มือ Minitab Version 15)

(2) ส่วนตกค้างต้องมีการกระจายตัวอิสระ (Independence Assumption) ไม่แปรผันตามปัจจัยหรือลำดับการทดลอง ดังรูป 2.29

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.29 การพล๊อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง (ที่มา : คู่มือ Minitab Version 15)

ดังที่กล่าวมาขั้นต้นเราสามารถสรุปขั้นตอนการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองได้ดังนี้ คือใช้แบบจำลองที่ได้จากการทดลองพยากรณ์ค่าผลตอบในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง จากนั้นนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงหรือคำนวณหาค่าความผิดพลาดของส่วนตกค้าง $e_{ij} = y_{ij} - \hat{y}$ ของแต่ละการทดลองแล้วนำมาพล๊อตกราฟการกระจายตัวของส่วนตกค้าง สังเกตลักษณะของกราฟที่ได้จากการพล๊อตเพื่อทำการตรวจสอบสมมุติฐานหลัก 3 ข้อดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2.5.4 แบบจำลองการถดถอย (The Regression Model)

ในการแปลงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณการในการออกแบบการทดลอง 2^k ไปเป็นแบบ จำลองถดถอย (Regression Model) ซึ่งจะทำให้สามารถพยากรณ์ผลตอบที่จุดใดๆ ในแต่ละช่วงของปัจจัย (Space Spanned) ของปัจจัยที่ได้ออกแบบ สำหรับแบบจำลองการถดถอยกำลังหนึ่ง (First-Order Regression) หาได้ดังสมการ (11) นี้ (ปารเมศ ชุติมา , 2545)

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \varepsilon \qquad (11)$$

แบบจำลองการถดถอยนี้เป็นแบบจำลองพื้นผิวผลตอบกำลังหนึ่งอย่างแท้จริง และถ้าพิจารณาในเทอมอันตรกิริยาสามารถเขียนแบบจำลองการถดถอยได้ดังสมการ (12) นี้

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1, j<1}^{k} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \qquad (12)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

2.5.1 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อที่จะได้สงวนทรัพยากรธรรมชาติไว้ใช้ประโยชน์อย่างเดียวกันหรือในลักษณะอื่นที่ให้ประโยชน์มากขึ้นในอนาคต การวิเคราะห์ดังกล่าวจึงเป็นการวิเคราะห์หาผลประโยชน์และต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับโครงการ (อานุภาพ วงศ์ละคร, 2541)

โครงการที่สิ้นเปลืองน้อยที่สุดอาจกล่าวได้ว่ายังไม่ใช่โครงการที่ดีที่สุด ดังนั้น จึงต้องมีการพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการนั้นๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ การเปรียบเทียบดังกล่าวจะเป็นข้อมูลอันหนึ่งที่ช่วยใช้สามารถตัดสินใจได้ถูกต้องว่าสมควรหรือไม่ที่จะดำเนินโครงการ

ข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ที่จะนำมาคำนวนหาค่าตัวชี้วัดความคุ้มค่าโครงการด้วยการวิเคราะห์แบบปรับค่าเวลา มี 3 วิธีดังนี้

(1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value Method : NPV) คือ ผลรวมของผลประโยชน์สุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วของโครงการซึ่งมุ่งจัดว่าโครงการที่พิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \qquad (13)$$

กำหนดให้

B_t = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ 1,2,3,…..n

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการเริ่มตั้งแต่ปีที่ 1,2,3,…n

r = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด

t = อายุของโครงการ ปีที่ 1,2,3,….n

n = อายุสิ้นสุดโครงการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio : B/C Ratio) แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์กับค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุของโครงการ เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจก็คือ เลือกโครงการที่ค่า B/C Ratio เกินกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าผลประโยชน์ที่จะได้จากโครงการจะมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไปโดยอัตราผลประโยชน์คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{B/C} = \frac{\sum_{t=1}^{n} B_t /(1+r)^t}{\sum_{t=1}^{n} C_t /(1+r)^t} \qquad (14)$$

อัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio : B/C Ratio) คืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์กับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุของโครงการที่ใช้ในการตัดสินใจงานด้านวิศวกรรมหลายชนิดที่อยู่ในอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบของรัฐบาล งานต่างๆ เหล่านี้มักจะมีขนาดของโครงการที่ใหญ่โตขอบข่ายการดำเนินการกว้างขวางมากกว่าโครงการที่ดำเนินการโดยเอกชนปัญหาที่เกิดก็มีความยุ่งยากซับซ้อนมากกว่าและปัญหาที่เกิดขึ้นจะเป็นปัญหาเฉพาะแต่ละโครงการอาจจะไม่เหมือนกันแม้ว่าโครงการนั้นๆ จะมีลักษณะเดียวกันก็ตามเหตุผลที่ต่างกันอาจจะเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่ต่างกันเป็นต้น การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์โครงการเหล่านี้จึงต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจและใช้วิธีการที่เหมาะสมกับแต่ละปัญหาของแต่ละโครงการ

ปกติโครงการขนาดใหญ่ที่รัฐบาลรับผิดชอบสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทแรกโครงการที่สนองความต้องการของประชาชนเช่นการสร้างถนน โครงการสร้างเขื่อนเพื่อการชลประทาน ประเภทที่สองคือ โครงการเพื่อความเจริญก้าวหน้าและความมั่นคงของชาติ เช่น โครงการพลังงานนิวเคลียร์หรือโครงการสำรวจอวกาศ สำหรับประเทศกำลังพัฒนาจะพบเฉพาะโครงการประเภทแรกเท่านั้นแต่มีข้อยกเว้นเช่นกันเช่นโครงการกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืดแถบประเทศตะวันออกกลางในโครงการเช่นนี้จำเป็นต้องมีหน่วยพลังงานนิวเคลียร์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวนมากที่จะนำมาใช้รัฐบาลผู้เป็นเจ้าของโครงการจะต้องจ้างบุคคลหลายๆ ประเภทเข้ามาช่วยทำงานในด้านต่างเพื่อให้โครงการสำเร็จและสามารถดำเนินต่อไปได้ ซึ่งเป็นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แน่นอนว่าจะต้องมีกลุ่มวิศวกรเข้ามาออกแบบก่อสร้างและควบคุมให้เป็นไปตามแบบที่ต้องการ และเมื่อดำเนินการติดตั้งแล้วก็ต้องควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานเป็นปกติหรือการซ่อมแซมเมื่อเกิดการชำรุดจึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่วิศวกรจะต้องศึกษาปัญหาต่างที่เกิดขึ้นเพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลที่ถูกต้องและความเหมาะสมในการแก้ปัญหานอกเหนือจากการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมแล้วการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ก็สามารถช่วยให้มองเห็นปัญหาและวิธีแก้ปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

โครงการที่เป็นสาธารณะประโยชน์มักจะเป็นโครงการที่ถือว่าไม่มีกำไรหรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าผลตอบแทนของโครงการไม่สามารถคิดเทียบเป็นจำนวนเงินได้โดยตรงเหมือนกับผลกำไรที่ได้จากการลงทุนในกิจการต่างๆ ผลตอบแทนของโครงการต่างๆ เหล่านี้เรียกว่าผลประโยชน์ (Benefit) ที่ได้จากโครงการเช่น การสร้างเขื่อนเก็บน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมทำให้สามารถลดปริมาณความเสียหายที่เกิดขึ้นลงได้จำนวนเงินตอบแทนก็ไม่ได้ให้แก่รัฐบาลผู้ลงทุนสร้างเขื่อนแต่ผลประโยชน์กลับตกอยู่กับประชาชนที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ประสบภัยน้ำท่วมการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยการหาค่าของอัตราการตอบแทนซึ่งกำหนดว่าเป็นอัตราส่วนของผลกำไรต่อเงินลงทุนจึงไม่สามารถนำมาคิดในกรณีนี้ได้

(3) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) คือ อัตราที่จะทำให้ผลตอบแทนและต้นทุนที่ได้คิดลดเป็นค่าปัจจุบันแล้วเท่ากัน อัตราที่กล่าวถึงจะเป็นอัตราความสามารถของเงินลงทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุนนั้นพอดีหรือกล่าวอีกในหนึ่งก็คือหาดูว่าอัตราส่วนลดตัวใดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ การคำนวณ IRR อาจจะเริ่มต้นด้วยการหักผลประโยชน์ออกด้วยค่าใช้จ่ายเป็นปีๆ ไปตลอดอายุโครงการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลประโยชน์สุทธิในแต่ละปีจะปรากฏผลเป็นบวกหรือเป็นลบเป็นปีๆ ไปหรือกระแสเงินสดหลังจากนั้นก็หาอัตราส่วนลดที่จะทำให้ผลรวมของข้อมูลปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิรวมกันแล้วมีค่าเป็นศูนย์ วิธีการคำนวนหา IRR ทำได้ 2 วิธี ดังต่อไปนี้

วิธี Trial and Error

IRR คือค่า r (อัตราส่วนลด) ที่ทำให้ $\sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} = 0$ (15)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการ Interpolation

$$IRR = [r_L + (r_U - r_L)] * [\frac{(NPV_L)}{(NPV_L - NPV_U)}] \quad (16)$$

r_L = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดด้านล่าง

r_U = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลดด้านบน

NPV_L = มูลค่าปัจจุบันสุทธิด้านล่าง

NPV_U = มูลค่าปัจจุบันสุทธิด้านบน

เมื่อได้ IRR ออกมาแล้วก็นำไปเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทุนถ้า IRR ที่ได้สูงกว่าค่าเสียโอกาสของทุนจะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่ถ้า IRR ที่ได้ต่ำกว่าค่าเสียโอกาสขอทุนจะเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า (ประเสริฐ อินทับ, 2546)

(4) ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการหลักเกณฑ์นี้พิจารณาจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุนและใช้กันมากในวงธุรกิจโดยเฉพาะที่มีการลงทุนที่มีการเสี่ยงสูงเช่น กรณีผลผลิตใหม่หรือใช้วิธีการใหม่ๆ ที่ไม่มีการคุ้มครองสิทธิบัตร (Patent) สิ่งที่ประดิษฐ์คิดได้ใหม่จะถูกขโมยความคิดหรือลอกเลียนแบบจากคู่แข่งขันได้ภายในระยะเวลาอันสั้นหลังจากที่ผลผลิตใหม่นั้นออกสู่ตลาดหรือในกรณีที่ภาวะในทางการเมืองมีเวลาไม่แน่นอนฉนั้นเพื่อความไม่ประมาทนักลงทุนจึงต้องพิจารณาเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนคืนเร็วในระยะสั้นๆ เช่น ระหว่าง 3-5 ปี ซึ่งระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$0 = -P + NCF\ (P/A,i,n_p) \quad (17)$$

0 = ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ

P = ค่าลงทุนของโครงการ

NCF = ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน จากที่กล่าวมาแล้วปรากฏโดยชัดเจนว่าการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินจะขึ้นอยู่กับการกำหนดกระแสเงินสดเป็นสำคัญในขณะเดียว กันการกำหนดกระแสเงินสดเป็นสำคัญขึ้นอยู่กับการประมาณการต้นทุนและผลตอบแทน ดังนั้นโอกาสที่โครงการจะได้รับอัตราผลตอบแทนตรงตามที่กำหนดไว้จึงเป็นไปได้น้อยไม่ว่าโครงการจะได้รับการออกแบบและมีการประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนมาดีเพียงใดก็ตาม เนื่องจากอนาคตเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอนอย่างไรก็ดีก็ไม่ได้หมายความว่าการวัดค่าโครงการด้วยหลักเกณฑ์ต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วไม่มีประโยชน์เพียงแต่ชี้ให้เห็นว่าถ้ามีการวิเคราะห์เพิ่มเติมกับสิ่งที่เกิดขึ้นและมีผลกระทบต่อ “ขีดความสามารถในการหารายได้” ของโครงการก็จะมีประโยชน์เพิ่มขึ้นถ้าราคาผลผลิตและต้นทุนค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงไม่เป็นไปตามที่กำหนดผลจะเป็นอย่างไร ผลกระทบดังกล่าวสามารถทดสอบได้ด้วยการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) และการคำนวณหาค่า Switching Value นอกจากนั้นยังอาจทำการวิเคราะห์ต่อไปอีกเพื่อวิเคราะห์ถึงจุดคุ้มทุน (Breakeven Analysis)

(6) การวิเคราะห์ความไว วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ก็คือการกำหนดตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความไวของ NPV หรือ IRR มากที่สุดโดยเฉพาะตัวแปรที่จะทำให้ NPV มีค่าติดลบ การวิเคราะห์ความไวจึงมีประโยชน์เพื่อกำหนดผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงในตัวแปลที่เกี่ยวข้องซึ่งโดยทั่วไปจะได้แก่ราคาผลผลิต ปริมาณการจำหน่าย ค่าลงทุนและค่าปัจจัยการผลิต ทั้งนี้โดยการทดสอบว่าตัวแปรเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปแล้วจะมีผลกระทบต่อ NPV หรือ IRR อย่างไรหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง NPV หรือ IRR ของโครงการมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรต่างๆ ดังกล่าว การวิเคราะห์ซ้ำหลังจากที่ได้จัดทำกระแสเงินสดใหม่ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงมูลค่าของตัวแปรดังกล่าวก็เรียกว่าการวิเคราะห์ความไวและเมื่อมีการนำโครงการไปปฏิบัติและดำเนินการผู้บริหารจะได้ให้ความสนใจในการควบคุมตัวแปรที่มีผลทำให้ NPV มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นพิเศษ

(7) ขั้นตอนการวิเคราะห์ การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐกิจจะเริ่มด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการระบุต้นทุนและผลตอบแทนทั้งสิ้นที่เกิดจากการมีโครงการจากนั้นก็ตีค่าต้นทุนและผลตอบแทนให้ถูกต้องเพื่อทราบมูลค่าของทรัพยากรทั้งหมดที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงการจะใช้และมูลค่าของสินค้าและบริการที่โครงการผลิตได้ในแต่ละปีเมื่อทราบมูลค่าของต้นทุนและผลตอบแทนแล้วก็นำต้นทุนและผลตอบแทนมาเปรียบเทียบกันเพื่อประเมินความคุ้มค่าของโครงการโดยใช้หลักเกณฑ์การประเมินความคุ้มค่าของโครงการ จากนั้นก็วิเคราะห์ความไวเพื่อทดสอบดูว่าสถานการเปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบต่อต้นทุนผลตอบแทนและผลตอบแทนปัจจุบันสุทธิอย่างไรจะได้จัดเตรียมมาตรการในการป้องกันแก้ไขไว้แต่เนินๆ ขั้นตอนสุดท้ายของการวิเคราะห์ก็คือ การประเมินต้นทุนและผลตอบแทนที่มีค่าเป็นเงินมิได้ (Assessment of intangibles) เช่นการปรับปรุงคุณภาพชีวิตและการปรับปรุงการกระจายรายได้ผลตอบแทนหรือต้นทุนเหล่านี้ถึงแม้ว่าจะตีค่าเป็นเงินไม่ได้แต่ก็มีความสำคัญต่อการตัดสินใจว่าจะรับหรือปฏิเสธโครงการเช่นกัน โครงการที่มีค่า IRR. ต่ำกว่าค่าเสียหายโอกาสของทุนอาจยอมรับได้ถ้าโครงการนั้นมีผลตอบแทนที่วัดเป็นเงินไม่ได้แต่มีนัยสำคัญต่อประเทศสูง

(8) การระบุต้นทุนและผลตอบแทน ต้นทุนประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างและดำเนินงานโครงการรายการที่รวมอยู่ในต้นทุนจึงได้แก่ที่ดิน แรงงาน เครื่องจักรเครื่องมือ อุปกรณ์การผลิตและวัตถุดิบ ส่วนผลตอบแทนจะได้แก่ สินค้าและบริการที่ผลิตได้จากโครงการนอกจากนั้นผลตอบแทนยังอาจปรากฏในรูปของการประหยัดต้นทุนและการหลีกเลี่ยงและลดความสูญเสียแหล่งที่มาของข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทนที่ดีคือ งบการเงินต่างที่แสดงต้นทุนในปัจจุบันของโครงการรวมทั้งงบการเงินที่ประมาณการต้นทุนในระหว่างก่อสร้างการดำเนินงานและการบำรุงรักษาในทำนองเดียวกันงบการเงินเช่นงบรายได้ก็มีประโยชน์ต่อการระบุผลตอบแทน โดยเฉพาะงบนี้จะแสดงรายรับจากการจำหน่ายและรายได้จากการลงทุนแต่เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าต้นทุนและผลตอบแทนที่กำหนดเป็นต้นทุนและผลตอบแทนแท้จริงที่เกิดขึ้นโดยตรงของโครงการจำเป็นต้องพิจารณาและจำแนกระหว่างต้นทุนและผลตอบแทนที่เกิดจากการ “มีโครงการ (With Project)” และ“ไม่มีโครงการ (With Out Project)” เพื่อกำหนดต้นทุนและผลตอบแทนที่ถูกต้องเหมาะสม ยิ่งกว่านั้นในการระบุต้นทุนจะต้องรวมแต่เฉพาะต้นทุนที่เกิดขึ้นในอนาคตของโครงการเท่านั้นค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในอดีตซึ่งเรียกว่าต้นทุนจม (Sunk Costs) จะไม่รวมเข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของต้นทุน สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ต้นทุนและผลตอบแทนดังกล่าวจะต้องไม่รวมรายการต้นทุนและผลตอบแทนที่ไม่ใช้ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเพื่อช่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พิจารณาว่าต้นทุนหรือผลตอบแทนใดไม่ใช่ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจอาจพิจารณาจากหลักเกณฑ์ดังนี้

ต้นทุนทางเศรษฐกิจได้แก่ ต้นทุนที่เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรแท้จริงเช่น ที่ดิน แรงงาน ทุน และวัตถุดิบ ทรัพยากรเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในทางเลือกอื่นเพื่อผลิตเป็นผลผลิตให้กับประเทศได้ ดังนั้นรายการที่ไม่เป็นต้นทุนทางเศรษฐกิจจึงได้แก่รายการที่ไม่ใช้ทรัพยากรไม่มีทางเลือกก่อนใช้ และไม่สามารถผลิตผลตอบแทนให้แก่ประเทศได้รายการเหล่านี้โดยทั่วไปจะได้แก่ รายการประเภทเงินจ่ายโอน (Transfer Payments) เช่น ค่าภาษี ค่าดอกเบี้ยและค่าเสื่อมราคา

ส่วนรายการที่ไม่ใช่ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจะได้แก่ รายการที่ไม่อิทธิพลต่อระดับการผลิตหรือผลตอบแทนของโครงการเช่น รายได้จากดอกเบี้ยและเงินอุดหนุนซึ่งเป็นรายการประเภทเงินจ่ายโอนเช่นกัน เมื่อหักรายการต่างๆ ที่ไม่ใช่เงินต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจออกแล้ว ผลที่ได้ก็คือ รายการต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโครงการซึ่งอาจเรียกว่าต้นทุนส่วนเพิ่ม (Incremental Costs) และผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Incremental Benefits)

2.5.2 ผลประโยชน์ของโครงการ

เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำเกือบทุกโครงการ มักก่อเกิดประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น น้ำที่ปล่อยผ่านเครื่องกังหันก็จะเกิดประโยชน์ทางด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลกับผู้ที่สนใจ ผลประโยชน์ที่ได้กล่าวมานั้นบางอย่างสามารถตีค่าเป็นตัวเงินได้ บางอย่างไม่สามารถตีเป็นตัวเงินหรือเป็นตัวเลขได้ ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ จึงต้องแยกประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากโครงการ ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

(1) ส่วนที่สามารถตีค่าเป็นตัวเงินได้ ได้แก่ผลประโยชน์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้า

(2) ส่วนที่ไม่สามารถตีค่าเป็นตัวเงินได้ ได้แก่ การลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมถ้าต้องสร้างโรงไฟฟ้าแบบอื่นๆ และการพัฒนาบุคคลากรให้มีความเชี่ยวชาญมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.3 การกำหนดเกณฑ์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การกำหนดเกณฑ์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่มีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 200 กิโลวัตต์ ต้องอาศัยเกณฑ์กำหนดดังนี้

(1) อายุการใช้งานทางด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

- งานด้านโยธา 25 ปี
- งานด้านเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ 25 ปี
- งานด้านระบบส่ง 25 ปี

(2) ค่าดำเนินงานบำรุงรักษา ประกอบด้วย (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2539)

(2.1) งานด้านโยธา

- ระบบส่งน้ำแบบรางเปิด 2% ของราคางานระบบส่งน้ำแบบรางเปิด
- ระบบส่งน้ำแบบท่อ 1% ของราคางานท่อ
- อื่นๆ 1% ของราคางานโยธาหักด้วยระบบส่งท่อ

(2.2) งานด้านเครื่องจักรกลไฟฟ้าพลังน้ำ 1.5 % ของราคางาน

(2.3) งานด้านระบบส่ง 1% ของราคางาน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sir Ronald Fisher ได้นำการออกแบบการทดลองทางสถิติมาใช้ศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่อตัวอย่างผลผลิตทางการเกษตรเป็นครั้งแรกในช่วงต้นทศวรรษที่ 20 เนื่องด้วยกระบวนการต่างๆ อุตสาหกรรมการผลิตมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อผลตอบของกระบวนการหลายปัจจัย ดังนั้นการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบเต็ม (Full Factorial Design) จึงถูกนำมาใช้ในขั้นตอนกรองปัจจัยของการหาค่าที่เหมาสมที่สุดของผลตอบของกระบวนการลักษณะดังกล่าวด้วยวิธีการพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology ; RSM) (Montgomery: 2005) การทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวนสามารถวิเคราะห์หาผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อผลตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานความเป็นเชิงเส้น อีกทั้งยังสามารถทำการทดลองเพิ่มเพื่อตรวจสอบผลกระทบขั้นที่สอง ภายใต้การทดสอบสมมุติฐานของโค้งกำลังสอง (Curvature Analysis) ซึ่งสามารถลดข้อผิดพลาดในการดำเนินการทดลองขั้นต่อไปและการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด การทดลองแบบแฟกทอเรียล ดังนั้นการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบเต็มเป็นการออกแบบการทดลองที่ง่ายต่อการแปลผลและนำไปใช้งานจริงจนได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันนี้เทคนิคการออกแบบการทดลองได้ถูกพัฒนาให้ใช้จำนวนการทดลองที่น้อยเพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยเพื่อตอบสนองการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนมาก เช่น เทคนิคการทดลองเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียล, การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design; CCD) และการออกแบบบ็อกซ์ - เบห์นเคน (Box - Behnken Design ; BBD), ออโธโกนอลอาร์เรย์(Orthogonal Arrays), วิธีการของทาคุชิและ Plackett-Burmanฯลฯ โดยจะเห็นได้จากตัวอย่างในหลายงานวิจัยเช่น Montgomery et al. (1999) ได้นำประยุกต์ใช้เทคนิคการทดลองเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2_V^{5-1} ร่วมกับฟังก์ชั่นความพึงพอใจ (Desirability Function)เพื่อลดความแปรปรวนของปริมาณการเชื่อมและปรับปริมาณการใช้ตัวเชื่อมเฉลี่ยที่เหมาะสมในกระบวนการกัดลายแผงวงจร ในขณะที่ Y. W. Shew and C. K. Kwong (2002) ได้นำเอาเทคนิคการทดลองเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2_V^{5-1} เพื่อการกรองปัจจัยก่อนการทำวิธีการพื้นผิวตอบในการหาค่าเหมาะสมกระบวนการเคลือบแผงวงจรไฟฟ้า เนื่องจากขั้นตอนในการหาค่าที่เหมาะสมที่มีความแม่นยำโดยการใช้เทคนิคการปีนขึ้นหรือลงด้วยความชันมากที่สุด ต้องอาศัยทรัพยากรในการทดลองค่อนข้างมาก ดังนั้น Avanish D. and Vinod Yadava Y. (2008) ได้นำวิธีการของทาคุชิแบบหลายผลตอบมาประยุกต์ใช้ เพื่อหาระดับตั้งต้นสำหรับการทำการทดลองออกแบบส่วนประสมกลาง ในกระบวนการตัดด้วยแสงเลเซอร์ ซึ่งสามารถลดทรัพยากรในการทดลองลงได้มากเมื่อเทียบกับแนวทางการใช้เทคนิคการปีนขึ้นหรือลงด้วยความชันมากที่สุด

ตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองที่เกี่ยวข้องกับด้านอิเล็คโทรนิกส์ และการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองในอุตสาหกรรม ได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพการอบชิ้นงานในขบวนการหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ควอด แฟล็ท โน ลีด โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (รัชกุล กุลดิลก : 2550) เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเต็มจำนวน 2^k เพื่อค้นหาตัวแปรที่มีผลต่อค่าอุณหภูมิสภาพแก้วของชิ้นงาน ซึ่งได้แก่ อัตราส่วนผสมระหว่างเรซิ่น และตัวทำให้แข็ง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแม่พิมพ์ เวลาที่ใช้ในการอบแม่พิมพ์ และเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่มีสาเหตุจากค่าอุณหภูมิสภาพแก้วไม่เหมาะสม โดยจากการทดลองพบว่า ปัจจัยทั้ง 3 มีผลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใช้เทคนิค Response optimizer เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อค่าอุณหภูมิสภาพแก้ว ซึ่งผลการทดลองเพื่อยืนยันผลการคำนวณก็ให้ผลไปในทางเดียวกัน

Trezona R.I. et al. (2000) ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีรถยนต์ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^5 โดยทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อการกัดกร่อน ดังนี้ อัตราการอบ ขนาดการกัดกร่อน อุณหภูมิ มุมตกกระทบ ความหนืดของสี หลังจากการวิเคราะห์ผลในเบื้องต้น ส่วนตกค้างของผลตอบมีการกระจายตัวไม่เป็นปกติ ดังนั้นจึงทำการแปลงผลตอบในสเกลของ log เพื่อให้ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวปกติ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลอีกครั้งเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของกระบวนการ

Yoldas S et al. (2006) ได้นำเอาเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^3 มาประยุกต์ในการเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการดูดซึมโปรอลจากสารละลายด้วยอลูมินา โดยศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ ชนิดตัวดูดซึม ความเป็นกรดด่างของสารละลาย อุณหภูมิ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อความเป็นกรดด่างของสารละลายและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการแยกสารจะลดลง ในขณะที่ ตัวดูดซึมชนิดแบบ Sisal 30 มีประสิทธิภาพในการแยกสารดีที่สุด

หลังจากนั้น medles K. et al. (2007) ได้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^3 ในขั้นกรองปัจจัยเช่นเดียวกับ Yoldas S et al. (2006) โดยใช้โปรแกรม MODDE 5.0 มาสร้างแบบจำลองและหาค่าที่เหมาะสมโดยเทคนิคพื้นผิวผลตอบ ของกระบวนการขึ้นรูปด้วยการแยกไฟฟ้าสถิติของวัตถุเม็ดโดยมีค่าที่เหมาะสมปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ ระดับความดันไฟฟ้าที่ 60 รอบต่อนาที ความเร็วในการหมุนที่ 31.105 กิโลโวลต์ ตำแหน่งของมุมตัวแยกที่ -6^0 ซึ่งส่งผลต่อสัดส่วนน้ำหนักโดยเฉลี่ยหลังการรวมตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved